

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



ΘΕΜΑ: “Καταγραφή των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων στην Μαγνησία και προτάσεις βελτίωσης του εξοπλισμού τους”.

Εισηγητής: Κ. ΚΙΤΤΑΣ
Καθηγητής

Πτυχιακή Διατριβή του φοιτητή: Μπαρτζάνα Θωμά

Βόλος 1998



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 46/1

Ημερ. Εισ.: 25-08-2003

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΓΦΖΠ

1998

ΚΙΤ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070104

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.1 Το θερμοκήπιο.	8
1.2 Ιστορική εξέλιξη.	9
1.3 Το θερμοκήπιο και το φυσικό του περιβάλλον.	12
1.4 Η επιστημονική έρευνα για το θερμοκήπιο σήμερα.	12
1.5 Θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις.	14
1.6 Υδροπονικές καλλιέργειες.	16
1.7 Αξία των προϊόντων του θερμοκηπίου.	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1 Γενικά περί του εξοπλισμού.	18
2.2 Επιλογή θέσεως - Προσανατολισμός.	19
2.3 Τεχνικές προδιαγραφές θερμοκηπίων.	21
2.4 Υλικά κατασκευής σκελετού.	26
2.5 Υλικά κάλυψης.	29
2.5.1 Οπτικές ιδιότητες υλικών κάλυψης.	31
2.5.2 Φυσικές ιδιότητες υλικών κάλυψης.	33
2.6 Είδη υλικών κάλυψης θερμοκηπίων.	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

3.1 Θέρμανση θερμοκηπίων.	45
3.1.1 Απαιτούμενη ισχύς του συστήματος θέρμανσης.	48
3.1.2 Καταναλισκόμενη θερμότητα.	48
3.2 Συστήματα θέρμανσης.	49
3.3 Κατανομή της θερμότητας.	54
3.4 Μείωση της θερμοκρασίας.	59
3.4.1 Εξαερισμός.	60
3.4.2 Δροσισμός.	66
3.4.3 Σκίαση.	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ. ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σελίδα

6.1 Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές στα συστήματα ελέγχου κλίματος.	71
6.2 Σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης θερμοκηπίου, με πλήρες σύστημα ελέγχου κλίματος.	72
6.3 Πλεονεκτήματα των συστημάτων ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών.	75
6.4 Χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

4.1 Κατασκευή.	81
4.2 Εξοπλισμός.	85
4.3 Καλλιέργεια.	90
4.4 Κόστος καλλιέργειας.	92
4.5 Προσωπικό.	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ

5.1 Χρήση μαθηματικών προσομοιωμάτων για την βελτίωση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών.	95
5.2 Το στατικό μοντέλο Horticorn.	97
5.3 Εφαρμογή του μοντέλου για την περιοχή της Μαγνησίας.	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΙΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

107

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

114

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

117

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Χαρτογράφηση των θερμοκηπιακών μονάδων του νομού Μαγνησίας.

120

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Κο Κωνσταντίνο Κίττα Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος καθώς και για την καθοδήγηση και την αμέριστη επιστημονική και ηθική συμπαράσταση που μου παρείχε καθόλη την διάρκεια της σύνταξης της παρούσας διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κο Παναγιώτη Γιαγλάρα, Διδάκτορα Οικοφυσιολογίας, για την βοήθεια του στην ερμηνεία και στον τρόπο παρουσίασης των αποτελεσμάτων καθώς και τον Κο Χρήστο Λύκα, Γεωπόνο, Υποψήφιο Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος για την βοήθεια του στην εύρεση των θερμοκηπιακών μονάδων του νομού Μαγνησίας και στην σύνταξη του ερωτηματολογίου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Μ.Μακραντωνάκη και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Θ. Γέμτο οι οποίοι συμμετείχαν στην βαθμολόγηση της εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι τα θερμοκήπια είναι τα πιο επαναστατικά μέσα, με τα οποία αξιοποιούνται οι κλιματολογικές συνθήκες μιας περιοχής, με στόχο την παραγωγή εκτός εποχής λαχανικών ανθέων και μερικών φρούτων. Η καλλιέργεια των φυτών στο θερμοκήπιο παρέχει σήμερα την δυνατότητα της προγραμματισμένης και με προβλέψιμα αποτελέσματα παραγωγής. Η ανάπτυξη των φυτών δεν εξαρτάται πλέον από τυχαίους φυσικούς παράγοντες, αλλά από τους χειρισμούς του ανθρώπινου παράγοντα.

Με τις καλύτερες προοπτικές εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα, πριν 40 περίπου χρόνια, τα πρώτα θερμοκήπια για να εξαπλωθούν στη συνέχεια, κυρίως μετά την εισαγωγή των πλαστικών φύλλων κάλυψης. Οι ιδανικές εδαφοκλιματικές συνθήκες πολλών περιοχών ήταν ένας ισχυρός λόγος που μας έκανε τότε να πιστεύουμε ότι η χώρα μας μπορούσε να γίνει ο λαχανόκηπος της Ευρώπης.

Παρά όμως τις αισιόδοξες προβλέψεις και παρά τις προσπάθειες παραγωγών και τεχνικών, ο κλάδος των θερμοκηπίων δεν μπόρεσε ποτέ να ορθοποδήσει. Οι χαμηλές στρεμματικές αποδόσεις, οι ανεπαρκείς έως εντελώς ακατάλληλες, σε πολλές περιπτώσεις, εγκαταστάσεις, η κακή οργάνωση των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων, η ελλιπής τεχνική υποστήριξη των παραγωγών, σε συνδιασμό με τα χρονίζοντα προβλήματα στην εμπορία των προϊόντων, με την αλματώδη αύξηση του κόστους παραγωγής και τα υψηλά επιτόκια δανειοδότησης τα τελευταία χρόνια, είναι μερικές μόνο από τις αιτίες που έχουν φέρει σε οικονομικό αδιέξοδο πολλές μονάδες.

Με αιχμή τα υπέρογκα χρέη προς την ΑΤΕ, στα οποία οι περισσότερες αδυνατούν να ανταποκριθούν, ένα πλήθος προβλημάτων εμποδίζει τον

εκσυγχρονισμό των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων, με αποτέλεσμα η παραγωγή να παραμένει καθηλωμένη σε χαμηλά επίπεδα, η ποιότητα σπάνια να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των σημερινών καταναλωτών και, το κυριότερο, η ανταγωνιστικότητα τους να είναι προβληματική.

Η πλειοψηφία των θερμοκηπιακών μονάδων που κατασκευάζονται και λειτουργούν σήμερα στην Ελλάδα, ή εισάγονται από το εξωτερικό ή είναι εγχώριες κατασκευές αλλά με σχεδιασμό και εξοπλισμούς με την λογική Βόρειας χώρας, που δεν ανταποκρίνονται πλήρως στις Ελληνικές συνθήκες (ηλιοφάνεια, περισσότερη ζέστη, προβλήματα αερισμού, μικρές μονάδες κ.λ.π). Αυτό έχει σαν συνέπεια να μην ελέγχονται πλήρως οι συνθήκες του περιβάλλοντος της καλλιέργειας με άμεση επίδραση στην μείωση της παραγωγής και την υποβάθμισή της ποιότητας των παραγωμένων προϊόντων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή των θερμοκηπιακών μονάδων του νομού Μαγνησίας με βάση τα υλικά κατασκευής , τα υλικά κάλυψης, τον εξοπλισμό (σύστημα θέρμανσης - δροσισμού - άρδευσης, συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας), την καλλιέργεια (είδος - παραγόμενη ποσότητα), την αγορά πώλησης και το κόστος παραγωγής (εργατικά - λιπάσματα - φυτοφάρμακα - πολλαπλασιαστικό υλικό - θέρμανση). Στην συνέχεια με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του χώρου επιχειρείται μια προσπάθεια για βελτίωση του εξοπλισμού με στόχο την βελτιστοποίηση της λειτουργίας των εξοπλισμών, για μεγιστοποίηση της παραγωγής, βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και εξοικονόμηση ενέργειας.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας αναφέρον οι κυριότερες τεχνικές προδιαγραφές των θερμοκηπίων καθώς επίσης και οι τρόποι με τον οποίο γίνεται ο έλεγχος του εσωτερικού μικροκλίματος.

Στο δεύτερο μέρος δίνεται η συνολική εικόνα σε ότι αφορά τις θερμοκηπιακές μονάδες στον νομό Μαγνησίας. Μέσα από πίνακες και διαγράμματα δίνονται οι τύποι των θερμοκηπίων, τα υλικά σκελετού, τα υλικά κάλυψης, ο εξοπλισμός

τους, το είδος της καλλιέργειας , οι παραγόμενες ποσότητες καθώς και το συνολικό κόστος παραγωγής (προσωπικό, θέρμανση , λιπάσματα κ.λ.π). Προτείνονται βελτιώσεις του εξοπλισμού με στόχο την βελτίωση της παραγωγής και κυρίως την εξοικονόμηση ενέργειας. Το μεγαλύτερο πρόβλημα των παραγωγών είναι το υπερβολικό κόστος θέρμανσης το οποίο τις περισσότερες φορές οφείλεται στην κακή διαχείριση του εξοπλισμού από μέρους των παραγωγών. Η επιλογή του εξοπλισμού της κάθε μονάδας καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτός διαχειρίζεται έγινε εμπειρικά χωρίς να ληφθεί υπόψη η αλληλεπίδραση ορισμένων παραγόντων, η σωστή ρύθμιση των οποίων μπορεί να περιορίσει σημαντικά τις απώλειες. Γίνεται αναφορά στα συστήματα αυτοματισμού καθώς επίσης και στην χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.

Με την βοήθεια ενός στατικού μοντέλου , HORTICERN, επιχειρείται να υπολογιστεί η απαιτούμενη ενέργεια με βάση τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και τον εξοπλισμό της κάθε μονάδας. Στην συνέχεια συγκρίνεται με την ενέργεια που καταναλώνουν αυτές οι μονάδες για να προσδιοριστούν οι παράγοντες τους οποίους δεν λαμβάνουν υπόψη οι παραγωγοί με αποτέλεσμα να κάνουν αλόγιστη χρήση ενέργειας.

Τέλος επισημαίνονται τα κυριότερα προβλήματα τα οποία εντοπίστηκαν κατά την καταγραφή των θερμοκηπιακών μονάδων του νομού Μαγνησίας και προτείνονται ανάλογα με το πρόβλημα οι ενδεδειγμένες λύσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.1 Το Θερμοκήπιο.

Το θερμοκήπιο είναι ένα αγροτικό κτίριο που επιτρέπει την απομόνωση ενός καλλιεργημένου τμήματος γης με την βοήθεια ενός διαφανούς στην ηλιακή ακτινοβολία υλικού κάλυψης. Σκόπος της χρησιμοποίησης των θερμοκηπίων στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων είναι η τροποποίηση ή ρύθμιση πολλών σπό τους παράγοντες του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών.

Με την καλύτερη ρύθμιση του περιβάλλοντος των φυτών η παραγωγή μπορεί:

- Να αυξηθεί ποσοτικά, λόγω βελτίωσης των συνθηκών του περιβάλλοντος.
- Να προγραμματισθεί χρονικά, ώστε να σταλεί στην αγορά σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν.
- Να βελτιωθεί ποιοτικά, με την προστασία που προσφέρει το θερμοκήπιο από τα αντίξοα καιρικά φαινόμενα.

Με το θερμοκήπιο ειδικότερα:

- Αποφεύγονται ζημιές από αέρα, βροχή, χιόνι και χαλάζι.
- Ανάλογα με τον εξοπλισμό τους, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών, όπως: της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του φωτισμού και του διοξειδίου του άνθρακα, με αρκετή ακρίβεια.
- Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης των παραγόντων του περιβάλλοντος της ρίζας των φυτών, όπως: της υγρασίας, του οξυγόνου, της θερμοκρασίας και των ανόργανων θρεπτικών στοιχείων, που με τη χρήση κατάλληλων εδαφικών υποστρωμάτων ή υδροπονικών καλλιεργειών, μπορούν να φθάσουν με ακρίβεια τις απαιτήσεις των φυτών.

- Μειώνονται αλλά οπωσδήποτε δεν εξαλείφονται οι ζημιές από τις ασθένειες και τα έντομα. Η μείωση επιτυγχάνεται με την δυνατότητα ρύθμισης του περιβάλλοντος των φυτών, με τον κατάλληλο εξοπλισμό.

Η ακρίβεια με την οποία ρυθμίζεται το περιβάλλον των φυτών στο θερμοκήπιο, προσδιορίζεται από:

- τη σωστή κατασκευή,
- τον κατάλληλο εξοπλισμό και κυρίως από
- την ικανότητα του καλλιεργητή να χειριστεί και να κατανείμει τα διάφορα εφόδια.

1.2 Ιστορική Εξέλιξη.

Από τους Έλληνες συγγραφείς του 5ου π.Χ. αιώνα και ιδιαίτερα από τον Πλάτωνα, γνωρίζουμε ότι υπήρχαν ειδικοί χώροι, που αναφέρονται ως “Κήποι του Άδωνη”, όπου τα φυτά αναπτύσσονταν με ταχύτατο ρυθμό.

Από τον 1ο π.Χ. αιώνα, ξέρουμε με σιγουριά ότι οι Ρωμαίοι καλλιεργούσαν φρούτα και λαχανικά σε απλά θερμοκήπια.

Στην Πομπηία βρέθηκαν μεγάλες κατασκευές που φαίνεται πως καλύπτονταν με ένα είδος πρωτόγονου γυαλιού. Δοχεία με φυτά τοποθετούνταν πάνω σε τραπέζια με διάτρητη επιφάνεια, κάτω από τα οποία υπήρχε η δυνατότητα να τοποθετηθούν αναμένα κάρβουνα, έτσι ώστε ο θερμός αέρας που ανέρχονταν να θερμαίνει τα δοχεία με τα φυτά.

Τα θερμοκήπια ξαναφάνηκαν πάλι τον 17ο αιώνα μ.Χ. Σε όλη τη διάρκεια του Μεσαίωνα το θερμοκήπιο φαίνεται ότι ήταν άγνωστο.

Τον 16ο αιώνα μ.Χ. οι έμποροι και οι εξερευνητές αρχίζουν να μεταφέρουν εξωτικά φυτά, που δεν μπορούσαν να επιζήσουν εύκολα στο κλίμα της Β. Ευρώπης. Για την παρατήρηση αυτών των εξωτικών φυτών δημιουργήθηκαν

ειδικοί “Βοτανικοί Κήποι”, στην αρχή στην Ιταλία και μετά στην Ολλανδία και Αγγλία.

Τον 17ο αιώνα, τα εξωτικά φυτά, εκτός από το βοτανικό και φαρμακευτικό ενδιαφέρον που παρουσίαζαν, άρχισαν να χρησιμοποιούνται από την αριστοκρατία της Βόρειας Ευρώπης και ως φυτά διακόσμησης, καθώς και παραγωγής. Από τα καρποφόρα δημοφιλή ήταν τα εσπεριδοειδή, των οποίων η καλλιέργεια ήταν σχετικά εύκολη, μια και δεν απαιτείτο θέρμανση, παρά μόνο προστασία από τον παγετό. Η προστασία γινόταν σε μεγάλα δωμάτια, που είχαν σόμπα θέρμανσης η οποία άναβε τις ημέρες παγετού. Τα εσπεριδοειδή φυτεμένα σε μεγάλα δοχεία, μεταφέρονταν για 6 μήνες το χειμώνα σ' αυτά τα δωμάτια, ενώ τους υπόλοιπους μήνες ήταν στο ύπαιθρο.

Τον 18ο αιώνα, είχε αναγνωρισθεί πλήρως η αξία του καλού φωτισμού στην υγιή ανάπτυξη των φυτών και άρχισε ο υπολογισμός της γωνίας κλίσης του γυαλιού, ώστε να εισέρχεται η μεγαλύτερη ποσότητα φωτισμού στο χώρο που βρίσκονταν τα φυτά. Οι Ολλανδοί μεταξύ των πρώτων χρησιμοποίησαν στέγη με κεκλιμένα επίπεδα από γυαλί. Εισήγαγαν επίσης τη χρήση της θερμοκουρτίνας κατά τη διάρκεια της νύχτας και σε πρώτο στάδιο την κατασκευή του διπλού τοιχώματος. Δύο από τους πιο φημισμένους Κήπους στον κόσμο βρίσκονταν στην Ολλανδία και είναι αυτοί του Πανεπιστημίου Leyden και του Clifford, όπου δούλεψε ο Λινναίος.

Η θέρμανση, όπου υπήρχε, γινόταν με θερμάστρες. Γύρω στο 1790 εμφανίστηκε η πρώτη θέρμανση με ατμό, που έδωσε μεγαλύτερη καθαριότητα, απόδοση, ευκολία, δυνατότητα επίτευξης υψηλότερης θερμοκρασίας και αποφυγής των αερίων από το χώρο των φυτών.

Με το τέλος του 18ου μ.Χ. αιώνα, η τέχνη της ανάπτυξης των φυτών έγινε Επιστήμη.

Μεγάλη διάδοση των εμπορικών γυάλινων θερμοκηπίων στις χώρες της Ευρώπης άρχισε το 19ο αιώνα . Το πρώτο θερμοκήπιο με διπλές πλάκες γυαλιού

κατασκευάστηκε το 1806. Το πρώτο διαφανές πλαστικό φύλλο που προτάθηκε για να αντικαταστήσει το γυαλί, ήταν το flex-o-glass και κατασκευάστηκε το 1925 από τον Αμερικανό Warp. Τον αιώνα αυτό το θερμοκήπιο εξελίχθηκε αρκετά, ενώ μερικοί νεωτερισμοί της εποχής εκείνης χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα.

Ο πρώτος αυτόματος μηχανικός θερμοστάτης χρησιμοποιήθηκε το 1816 για τον εξαερισμό των θερμοκηπίων, ενώ μόλις το 1801 είχε εμφανισθεί ο μηχανισμός για το χειροκίνητο άνοιγμα των παραθύρων σε γυάλινο θερμοκήπιο.

Τον 20ο αιώνα υπάρχει συνεχής εξέλιξη του θερμοκηπίου, από πλευράς υλικών κατασκευής, υλικών κάλυψης και κλιματισμού των θερμοκηπίων. Σήμερα κατασκευάζονται σκελετοί θερμοκηπίων από ξύλο, γαλβανισμένο σίδηρο και αλουμίνιο. Η επαναστατική αλλαγή έγινε στα υλικά κάλυψης όπου εκτός από το γυαλί, χρησιμοποιούνται σήμερα τα εύκαμπτα και σκληρά φύλλα πλαστικού. Η χρησιμοποίηση αυτών των υλικών έδωσε την δυνατότητα κατασκευής φθηνών θερμοκηπίων, που επέτρεψε την γρήγορη εξάπλωσή τους. Στον κλιματισμό των θερμοκηπίων μερικές από τις πιο χαρακτηριστικές τεχνικές βελτιώσεις είναι τα αερόθερμα, το σύστημα δροσισμού με υγρή παρειά, το σύστημα μείωσης της θερμοκρασίας με εξάτμιση νερού (fog-system), ο εμπλουτισμός του αέρα του θερμοκηπίου με διοξείδιο του άνθρακα, η χρησιμοποίηση του τεχνητού φωτισμού, η θέρμανση με ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια κ.α.

Η εξέλιξη της ηλεκτρονικής επέτρεψε την ανάπτυξη πολλών αυτοματισμών που ρυθμίζουν το επιθυμητό περιβάλλον με μεγάλη ακρίβεια.

Η εφαρμογή των γνώσεων της φυσιολογίας των φυτών καθώς και της ακριβούς ρύθμισης του περιβάλλοντος, μαζί με τη χρησιμοποίηση φυτών βελτιωμένων ποικιλιών, έδωσε πολύ μεγάλη αύξηση στην παραγωγή.

1.3 Το Θερμοκήπιο και το Φυσικό Περιβάλλον.

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της χρήσης του θερμοκηπίου στο φυσικό περιβάλλον, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι:

- α). Η αισθητική τοποθέτηση του θερμοκηπίου στο φυσικό τοπίο.
- β). Η διάθεση των χρησιμοποιημένων υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου π.χ. θερμοκήπια που καλύπτονται με πλαστικό το οποίο αντικαθίσταται κάθε 2-3 χρόνια. Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού γίνεται με ανακύκλωση του πλαστικού υλικού.
- γ). Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από θερμοκήπια θερμαινόμενα με συμβατικά καύσιμα. Η εξοικονόμηση ενέργειας και η αντικατάσταση των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης με συστήματα ήπιων μορφών ενέργειας, αποτελεί λύση στο πρόβλημα.
- δ). Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων, ιδιαίτερα αζωτούχων, στις καλλιέργειες του θερμοκηπίου, συχνά προκαλεί μόλυνση του υπεδάφους και μερικές φορές των υπογείων υδάτων με νιτρικά ιόντα. Προσπάθεια για λύση του προβλήματος γίνεται με την χρησιμοποίηση της υδροπονικής μεθόδου καλλιέργειας φυτών με επαναχρησιμοποιούμενο διάλυμα.
- ε). Η χρήση υπερβολικών ποσοτήτων χημικών ουσιών για φυτοπροστασία στο χώρο του θερμοκηπίου. Περιορισμός του προβλήματος αυτού θα επέλθει με την εφαρμογή των κανόνων χρήσης των φυτοφαρμάκων και της τήρησης των αναγκαίων χρονικών διαστημάτων από την εφαρμογή των φυτοφαρμάκων μέχρι τη συγκομιδή. Λύση στο πρόβλημα δίνει η ολοκληρωμένη καταπολέμηση.

1.4 Η Επιστημονική Έρευνα για το Θερμοκήπιο σήμερα.

Το θερμοκήπιο είναι ένα μέσο που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών, επομένως η έρευνα στο θερμοκήπιο έχει ως κύριο στόχο τη

βελτίωση του περιβάλλοντος που δημιουργεί ώστε να είναι δυνατή η αποδοτικότερη ανάπτυξη και παραγωγή φυτών.

Με την έρευνα επιδιώκεται η λύση προβλημάτων που αφορούν, την κατασκευή και τον εξοπλισμό του θερμοκηπίου, με σκοπό την αύξηση της φυτικής παραγωγής μέσα στο θερμοκήπιο, τη βελτίωση του οικονομικού αποτελέσματος της παραγωγικής διαδικασίας στο θερμοκήπιο, τη βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος, τη μικρότερη βλάβη του φυσικού περιβάλλοντος και την προστασία της υγείας του ανθρώπου κατά την παραγωγική διαδικασία στο θερμοκήπιο.

Η έρευνα που γίνεται διεθνώς σχετικά με το θερμοκήπιο αφορά κυρίως:

Α). Το περιβάλλον στο χώρο του θερμοκηπίου.

1). Την εύρεση της βέλτιστης τιμής των παραγόντων του περιβάλλοντος της κόμης (φως, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, διοξείδιο του άνθρακα κ.α.), καθώς και της ρίζας (νερό, οξυγόνο, θερμοκρασία, ανόργανα στοιχεία, οξύτητα κ.α.), για την ανάπτυξη και παραγωγή των διαφόρων ειδών φυτών στο θερμοκήπιο (λαχανοκομικά, δρεπτά άνθη και γλαστρικά καλλωπιστικά).

2). Τους τρόπους δημιουργίας του βέλτιστου περιβάλλοντος με τα οικονομικότερα μέσα, όπως:

- την εξεύρεση υλικών κατασκευής που δημιουργούν το άριστο περιβάλλον για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών,
- το σχεδιασμό του θερμοκηπίου για τη δημιουργία του επιθυμητού περιβάλλοντος για τα φυτά με αντοχή σε αντίξοες συνθήκες καιρού,
- την εύρεση τρόπων εξοικονόμησης ενέργειας στο χώρο του θερμοκηπίου,
- την αντικατάσταση των συμβατικών καυσίμων που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση κυρίως με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,

- τη δημιουργία αυτόματων συστημάτων ελέγχου του θερμοκηπίου, που θα επιτρέπουν την ακριβή ρύθμιση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, αλλά και τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας και άλλων πόρων.

Β). Την προστασία των φυτών από ασθένειες και εχθρούς με μέσα που δεν ενοχλούν το περιβάλλον και δεν εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα ώστε να αποτελούν κίνδυνο για τον άνθρωπο και τα ζώα.

Γ). Την άρση των δυσμενών επιδράσεων που πιθανόν δημιουργούνται στο φυσικό περιβάλλον του θερμοκηπίου.

1.5 Θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις.

Παγκόσμια υπάρχουν (σύμφωνα με στοιχεία του 1992) 1.670.000 στρ. θερμοκηπίων, από τα οποία τα 410.000 στρ. είναι υαλόφρακτα και τα 1.260.000 στρ. είναι με κάλυψη πλαστικού. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν 750.000 στρ. θερμοκηπίων από τα οποία τα 250.000 στρ. είναι υαλόφρακτα ενώ τα 500.000 στρ. είναι πλαστικά. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Ολλανδία κατέχει την πρώτη θέση στα υαλόφρακτα θερμοκήπια, ενώ η Ιταλία κατέχει την πρώτη θέση στα θερμοκήπια με πλαστικό κάλυμμα.

Ο τύπος των θερμοκηπίων που χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες της Ε.Ε. εξαρτάται από τις εκεί κλιματολογικές συνθήκες, την τεχνολογική της ανάπτυξη και την φύση των προϊόντων που παράγονται. Η Ελλάδα με σχετικά ευνοϊκές εδαφοκλιματικές συνθήκες για την παραγωγή θερμοκηπιακών προϊόντων κατέχει μόλις την 7η θέση στην Ε.Ε.

Στην χώρα μας οι πρώτες συστηματικές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων ξεκίνησαν το 1955 και αποτελούνταν από υαλόφρακτα θερμοκήπια για παραγωγή καλλωπιστικών φυτών. Η σημαντική εξάπλωση αρχίζει μετά το 1961, με τη χρησιμοποίηση του πλαστικού φύλλου πολυαιθυλενίου ως υλικό κάλυψης των

θερμοκηπίων. Η ευκολία προσαρμογής του υλικού αυτού σε οποιοδήποτε σχήμα σκελετού και η χαμηλή τιμή του, επέτρεψαν στους καλλιεργητές, περιοχών με πρώιμες καλλιέργειες να κατασκευάσουν θερμοκήπια για παραγωγή πρώιμων κηπευτικών, χωρίς να χρειάζονται μεγάλα κεφάλαια. Έτσι παρατηρήθηκε μία εντυπωσιακή αύξηση των θερμοκηπίων, τα οποία έφθασαν στα 44.350 στρ. το 1992 από τα οποία το 3,8% ήταν υαλόφρακτα και το 96,8% πλαστικά. Οι εκτάσεις και οι διάφοροι τύποι θερμοκηπίων φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Εκτάσεις με διαφόρους τύπους θερμοκηπίων.				
Τύποι θερμοκηπίων	Συνολική έκταση(στρ.)	Χωρίς θέρμανση	Αντιπαγετική προστασία	Συστηματική θέρμανση
Υαλόφρακτα	1810	78	37	1695
Πλαστικά:				
α) Τυποποιημένα:				
Μετ.Σκελετός	11407	6014	2355	3038
Ξυλ.σκελετός	4426	3716	530	180
β) Χωρικού τύπου				
Μετ.Σκελετός	11571	8337	3036	198
Ξυλ.σκελετός	15131	9005	5839	287
ΣΥΝΟΛΟ	44345	27150	11797	5398
Πηγή: ΑΤΕ, 1992.				

Οι λόγοι για τους οποίους ενδείκνυται η επέκταση των θερμοκηπίων και οι παράγοντες που συντέλεσαν στην αύξηση των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, είναι:

1. Οι καλλιέργειες κηπευτικών και ανθοκομικών ειδών αποδίδουν την μεγαλύτερη ανά στρέμμα ακαθάριστη πρόσοδο και το υψηλότερο γεωργικό εισόδημα.
2. Η ανάγκη εξασφάλισης εισοδήματος από μικρής έκτασης γεωργικό έδαφος.
3. Οι εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας. Το ήπιο κλίμα που επικρατεί σε πολλές περιοχές είναι ευνοϊκό και παρέχει τη δυνατότητα καλλιέργειας σε πολύ απλές κατασκευές χωρίς ακριβό εξοπλισμό.

4. Η παραγωγή των εκτός εποχής κηπευτικών και ανθοκομικών ειδών ευνοείται από τις κλιματολογικές συνθήκες της χώρας μας.

5. Η αύξηση της ζήτησης των θερμοκηπιακών προϊόντων στην εσωτερική αγορά.

6. Η γεωργική πολιτική του κράτους, που ενθάρρυνε την προώθηση των καλλιεργειών αυτών με την θέσπιση οικονομικών κινήτρων.

7. Οι καλλιέργειες στα θερμοκήπια ταιριάζουν στις μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις της χώρας, γιατί απασχολούν πολλά εργατικά χέρια τους χειμερινούς μήνες που είναι δύσκολο να βρουν άλλη δουλειά.

8. Τέλος διαγράφονται ευνοϊκές προοπτικές για την αύξηση των εξαγωγών των εκτός εποχής κηπευτικών, σε χώρες όπου, είτε οι κλιματολογικές συνθήκες είναι πιο δυσμενείς, είτε η εντόπια παραγωγή δεν επαρκεί να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες της αγοράς.

1.6 Υδροπονικές Καλλιέργειες.

Η καλλιέργεια των λαχανοκομικών φυτών και δρεπτών ανθέων, στην Ελλάδα, σχεδόν στο σύνολο των θερμοκηπίων γίνεται στο φυσικό τους έδαφος ή σε βελτιωμένο με την προσθήκη οργανικής ουσίας.

Σε πολλές περιοχές του κόσμου σήμερα εφαρμόζεται και η υδροπονική καλλιέργεια φυτών στην οποία εκτός από τη ρύθμιση του περιβάλλοντος της κόμης των φυτών γίνεται και ρύθμιση του περιβάλλοντος της ρίζας. Η καλλιέργεια γίνεται με τη μέθοδο του πετροβάμβακα, μεμβράνης θρεπτικού διαλύματος και σάκων περλίτη. Οι υδροπονικές καλλιέργειες κατέχουν ακόμη πολύ μικρή έκταση (περίπου 400 στρ.) σε αντίθεση με άλλες χώρες (π.χ. Ολλανδία 95% των θερμοκηπίων). Η διαφορά οφείλεται στην έλλειψη σταθμών υποστήριξης οι οποίοι θα κατευθύνουν σωστά την παραγωγή.

1.7 Αξία των προϊόντων Θερμοκηπίου.

Τα παραγόμενα θερμοκηπιακά προϊόντα, λαχανοκομικά και ανθοκομικά, έχουν για την αγροτική οικονομία της χώρας μας ιδιαίτερη σημασία, συμμετέχοντας στο σύνολο της ακαθάριστης αξίας της φυτικής παραγωγής κατά 3% περίπου, ενώ η έκταση στην οποία καλλιεργούνται αποτελεί το 0,1% του γεωργικού εδάφους.

Το 2% της καλλιεργούμενης έκτασης των λαχανοκομικών είναι σε θερμοκήπια ενώ η αξία παραγωγής τους αντιπροσωπεύει το 15% της συνολικής αξίας των λαχανοκομικών.

Η αξία των παραγόμενων ανθοκομικών σε θερμοκήπια αποτελεί το 46% της συνολικής αξίας των ανθοκομικών προϊόντων, ενώ η καλλιεργούμενη έκταση αποτελεί το 30% του συνόλου.

Ο κλάδος των θερμοκηπίων στην Ελλάδα αποτελεί έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της γεωργίας, παρ'όλο ότι ο μεγάλος όγκος των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων τεχνολογικά δεν βρίσκεται ακόμα σε υψηλό επίπεδο.

Γενικά η περαιτέρω ανάπτυξη των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων:

- Παρέχει τη δυνατότητα συγκράτησης πληθυσμού που έχει στην κατοχή του μικρής έκτασης έδαφος, στη γεωργία.
- Αυξάνει την απασχόληση, γιατί ασχολείται με εντατικές καλλιέργειες που αξιοποιούν πολλά εργατικά χέρια.
- Μπορεί να συντελέσει στην αύξηση των Ελληνικών εξαγωγών γεωργικών προϊόντων σε χώρες της Β. Ευρώπης.
- Δίνει διέξοδο στον εκσυγχρονισμό της Ελληνικής γεωργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.1 Κατασκευή θερμοκηπίων.

Η χαμηλή παραγωγικότητα των θερμοκηπιακών καλλιεργειών στην Ελλάδα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στον ανεπαρκή εξοπλισμό και τις υποτυπώδεις εγκαταστάσεις πολλών μονάδων, γεγονός που εμποδίζει την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογικών μεθόδων.

Πράγματι από το σύνολο των θερμοκηπίων ένα πολύ μικρό ποσοστό διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό για τον έλεγχο του περιβάλλοντος, ο οποίος δίνει την δυνατότητα διαμόρφωσης των κατάλληλων συνθηκών για κάθε καλλιέργεια. Αντίθετα, στην συντριπτική τους πλειοψηφία είναι απλές κατασκευές, συνήθως ξύλινες, φτιαγμένες συχνά από τους ίδιους τους παραγωγούς. Με τον τρόπο αυτό όμως δεν είναι δυνατόν να ελεγχθούν οι συνθήκες περιβάλλοντος μέσα στο θερμοκήπιο και επιπλέον ο παραγωγός είναι υποχρεωμένος να χάνει πολύτιμο χρόνο με εργασίες που θα μπορούσαν να γίνουν αυτόματα (π.χ. άνοιγμα - κλείσιμο παραθύρων, άρδευση).

Ο προσανατολισμός σε τεχνολογικά εκσυγχρονισμένες εγκαταστάσεις θα επιτρέψει στους καλλιεργητές όχι μόνο την αύξηση των αποδόσεων και την παραγωγή προϊόντων ποιότητας, αλλά και την συμπίεση των λειτουργικών εξόδων, ιδιαίτερα των εργατικών.

Η επιλογή, ωστόσο, του καταλληλότερου τύπου θερμοκηπίου, με τον απαραίτητο εξοπλισμό για την συγκεκριμένη καλλιέργεια, δεν είναι εύκολη υπόθεση, γιατί εξαρτάται από πολλούς παράγοντες . Οι κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, το μέγεθος της εκμετάλλευσης, η εποχή διάθεσης του προϊόντος, η κατάσταση της αγοράς, η τεχνική καλλιέργειας που πρόκειται να εφαρμοστεί, η κατάρτιση και γενικότερα οι ικανότητες του καλλιεργητή θα πρέπει να συνεκτιμώνται κατά περίπτωση. Καθώς όμως ο παραγωγός δεν έχει καμία

ουσιαστική βοήθεια από τις αρμόδιες υπηρεσίες, συνήθως επιλέγει με μοναδικό κριτήριο το κόστος και τον τρόπο εξόφλησης. Φυσικά αν κανείς ενδιαφέρεται μόνο για μία ικανοποιητική παραγωγή εκτός εποχής, χωρίς μεγάλη επένδυση, τότε ίσως ο πιο οικονομικός τρόπος είναι να σκεπάσει απλά την καλλιέργεια με πρόχειρη κατασκευή. Ένας καλλιεργητής επιχειρηματίας, όμως, που ενδιαφέρεται να παράγει ανταγωνιστικό προϊόν, αρίστης ποιότητας, για να το διαθέσει σε ξένες αγορές, χρειάζεται πλήρη έλεγχο όχι μόνο των συνθηκών περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, αλλά και του κόστους παραγωγής. Είναι επομένως υποχρεωμένος να στήσει μια σύγχρονη μονάδα και να εξετάσει προσεκτικά κάθε λεπτομέρεια, ώστε να καταλήξει στην πιο αποδοτική λύση.

2.2 Επιλογή θέσης - προσανατολισμός.

Κατά την επιλογή της θέσης του θερμοκηπίου και του είδους της κατασκευής, θα πρέπει πάντα να δίνεται προτεραιότητα στις κατασκευές και θέσεις που επιτρέπουν να αποκτάται η μέγιστη φωτεινότητα μέσα στο θερμοκήπιο, κατά τις μικρές μέρες του χειμώνα, που ο ήλιος βρίσκεται στο χαμηλότερο ύψος στον ουρανό. Το χειμώνα ο ήλιος φαίνεται προς τα νότια. Αυτό σημαίνει ότι τα θερμοκήπια θα πρέπει να έχουν ανοικτή έκθεση προς τον νοτιά για να δέχονται το μεγαλύτερο ποσοστό ακτονοβολίας στο εσωτερικό τους. Αν το έδαφος έχει κλίση αυτή να είναι προς τα νότια.

Γενικά οι παραθαλάσσιες περιοχές με το ήπιο κλίμα που δημιουργεί η μεγάλη θερμοχωρητικότητα της θάλασσας, είναι προτιμότερες από τις ηπειρωτικές. Χαμηλά μέρη όπου δημιουργούν θύλακες ψυχρού αέρα ή θέσεις συσσώρευσης χιονιού θα πρέπει να αποφεύγονται, γιατί οι απώλειες θερμότητας θα είναι πολύ μεγάλες. Επίσης να αποφεύγονται περιοχές με συχνές ομίχλες, που διαρκούν. Η τοποθέτηση του θερμοκηπίου σε μια υπήνεμη περιοχή περιορίζει σημαντικά τις απώλειες θερμότητας. Προτιμούνται περιοχές που προστατεύονται από τους

βόρειους ανέμους με λόφους ή φυσικούς ανεμοθραύστες. Υψηλά κτίρια, δένδρα ή άλλα εμπόδια κοντά στο θερμοκήπιο μπορεί να σκιάζουν το θερμοκήπιο και να δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα φωτισμού. Σε ότι αφορά τον προσανατολισμό του θερμοκηπίου επισημαίνεται ότι αυτός επιδρά στο εσωτερικό περιβάλλον, με την ποσότητα και κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας που επιτρέπει να φτάσει μέχρι την καλλιέργεια, αλλά και με το μέγεθος των επιφανειών που είναι εκτεθειμένες στον κυριότερο άνεμο της περιοχής, γιατί αλλάζουν οι θερμικές ισορροπίες. Γενικά, στις περιπτώσεις που επικρατούν ισχυροί άνεμοι, το θερμοκήπιο τοποθετείται με την μεγάλη του πλευρά παράλληλη προς την κατεύθυνση του επικρατούντος ανέμου. Στις άλλες περιπτώσεις όμως η επιλογή γίνεται από την εξέταση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων διαφορετικών λύσεων.

Θερμοκήπια με προσανατολισμό Α-Δ δέχονται στο εσωτερικό τους μικρότερη ενέργεια νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα, αλλά δέχονται σημαντικά παραπάνω ενέργεια το μεσημέρι. Επίσης ευνοούν την ετερογένεια του περιβάλλοντος (η ετερογένεια μπορεί να βελτιωθεί με τον αερισμό και την θέρμανση). Ο προσανατολισμός Β - Ν επιτρέπει μικρότερη ετερογένεια και βελτιώνει την αντοχή του θερμοκηπίου στους βόρειους ή νότιους ανέμους. Άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή της θέσης του θερμοκηπίου είναι το έδαφος, η ποσότητα και η ποιότητα του διαθέσιμου νερού, η ύπαρξη εργατικού δυναμικού, η υποδομή της περιοχής κ.ά.

Η επιφάνεια του εδάφους θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο επίπεδη, για να αποφευχθούν δαπάνες ισοπέδοσης, ιδιαίτερα όπου επιδιώκεται πλήρης εκμηχάνιση των εργασιών. Επίσης θα πρέπει να προβλεφτεί η κατασκευή ενός σωστού δικτύου στράγγισης, ώστε να μπορεί να απομακρύνεται το πλεονάζον νερό ή να γίνονται εκπλύσεις του εδάφους αν χρειαστεί. Καλύτερο έδαφος θεωρείται το βαθύ καλά στραγγιζόμενο, το πηλοαμμώδες ή το αμμοπηλώδες. Οι φυσικές ιδιότητες του επιφανειακού εδάφους (γονιμότητα, οξύτητα) μπορεί να

μεταβληθούν τεχνητά. Όπου τα εδφή είναι άγονα, πρέπει να προστίθενται εδαφοβελτιωτικά (τύρφη, κοπριά, βερμικουλίτης), ύστερα από ανάλυση.

Πρωταρχικής σημασίας παράγοντας είναι η ποιότητα και η ποσότητα του διαθέσιμου νερού στην περιοχή, γιατί χωρίς την απαιτούμενη ποσότητα καλής ποιότητας νερού δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσει αποδοτικά το θερμοκήπιο.

Κατά την εγκατάσταση της μονάδας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρούσες και οι μελλοντικές ανάγκες της σε εργατικό δυναμικό, καθώς και η δυνατότητα των γειτονικών περιοχών να το προμηθεύουν. Η περιοχή θα πρέπει να έχει και την απαραίτητη υποδομή: καλό οδικό δίκτυο, μικρή απόσταση απο τους κοντινούς αυτοκινητόδρομους, αεροδρόμιο ή λιμάνια και κεντρικές αγορές του προϊόντος, καθώς και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

Τέλος, η έκταση του αγροτεμαχίου, όπου θα στηθεί το θερμοκήπιο, θα πρέπει να είναι τόση, ώστε εκτός από το θερμοκήπιο να μπορεί να φιλοξενήσει υπόστεγα εργασίας, χώρους αποθήκευσης, κ.λ.π.

2.3 Τεχνικές προδιαγραφές κατασκευής θερμοκηπίων

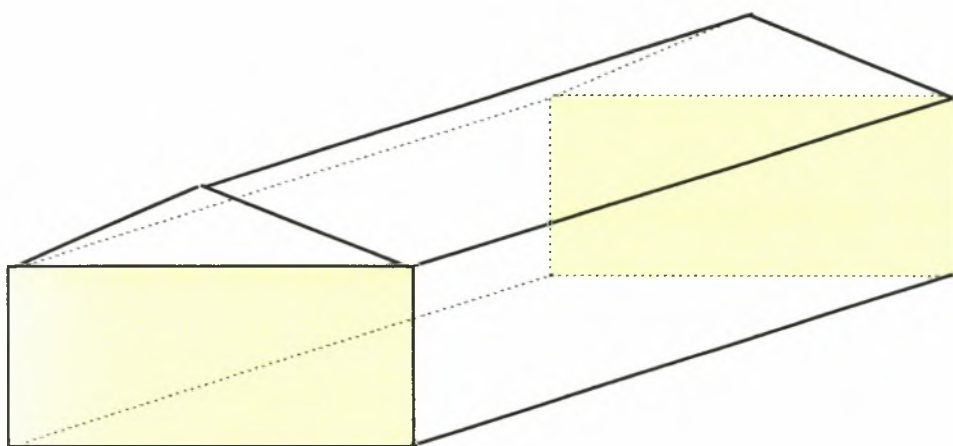
Τα θερμοκήπια διαφέρουν μεταξύ τους, από κατασκευαστικής πλευράς, στο σχήμα και στις διαστάσεις της βασικής τους μονάδας, καθώς και στα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού και κάλυψης.

Βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβάνόμενα κατά μήκος και κατά πλάτος σχηματίζει το σύνολο.

Ανάλογα με το σχήμα των θερμοκηπίων διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι:

Αμφίρρικτο

Ο τύπος αυτός έχει βασικά το πιο κάτω σχήμα (σχ. 1)



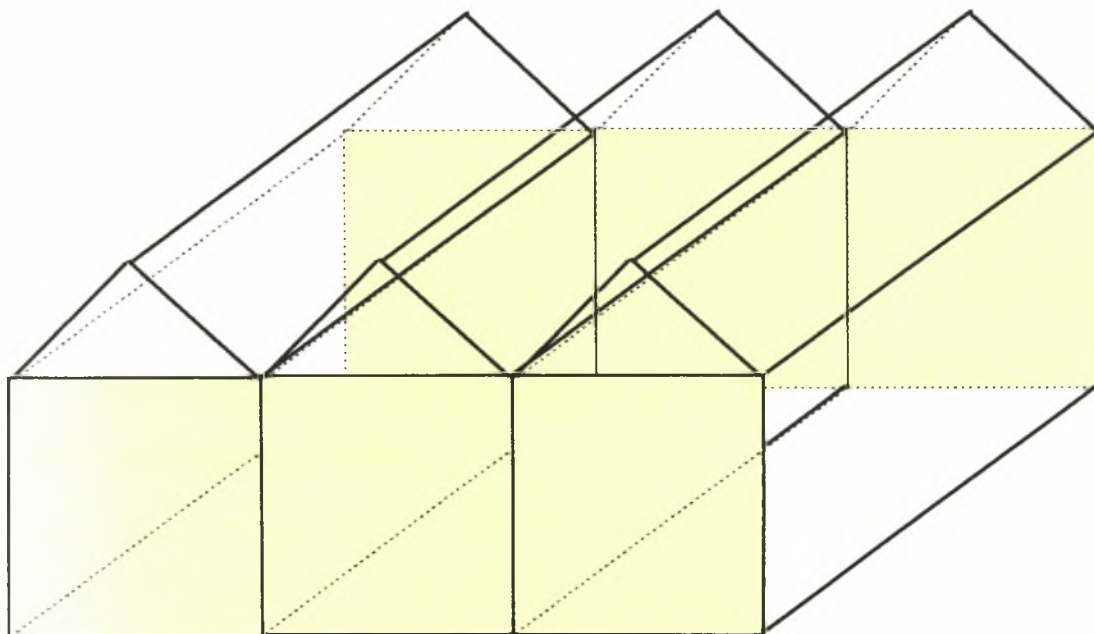
Σχήμα 1. Αμφίρρικτο θερμοκήπιο

Αμφίρρικτο απλό

Ονομάζεται το θερμοκήπιο που σχηματίζεται με την, κατά μήκος, επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας

Αμφίρρικτο πολλαπλό

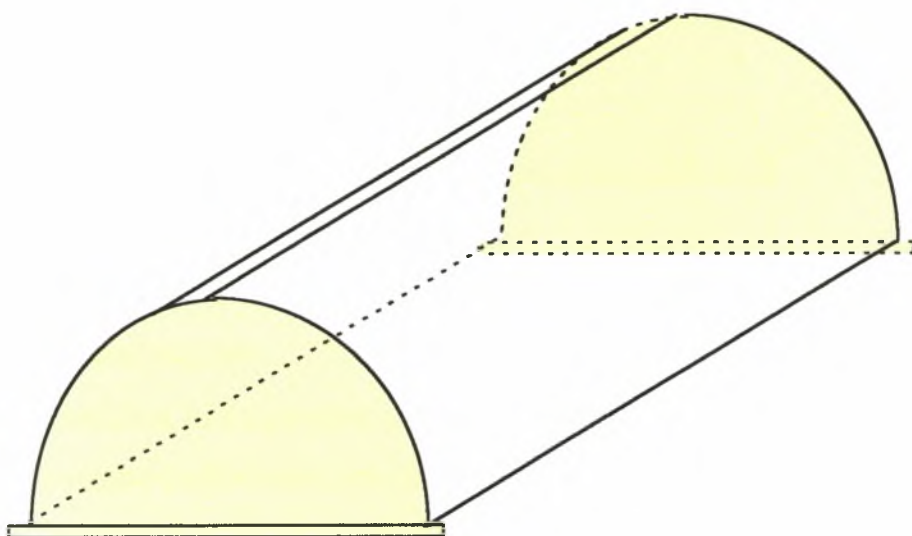
Ονομάζεται το θερμοκήπιο που σχηματίζεται με την, κατά μήκος και πλάτος, επανάληψη της κατασκευαστικής μονάδας (σχ. 2).



Σχήμα 2. Πολλαπλό αμφίρρικτο θερμοκήπιο.

Τοξωτό

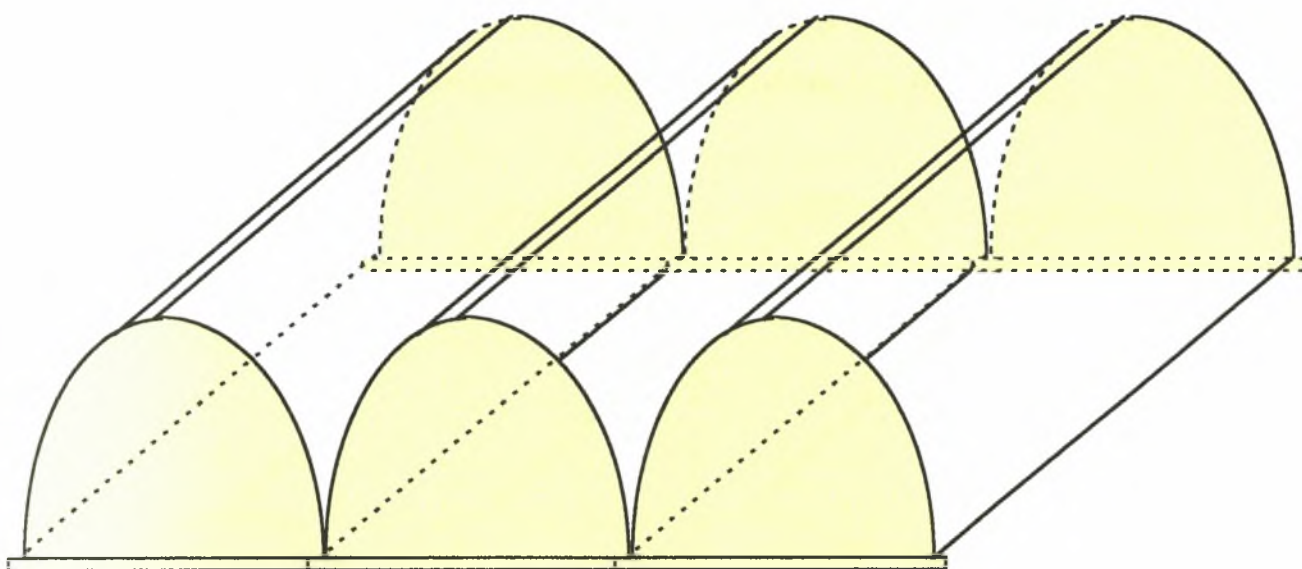
Ονομάζεται το θερμοκήπιο που η απλή κατασκευαστική του μονάδα καθορίζεται από δύο συνεχόμενα τόξα και έχει το παρακάτω σχήμα (σχ. 3).



Σχήμα 3. Τοξωτό θερμοκήπιο

Τοξωτό πολλαπλό

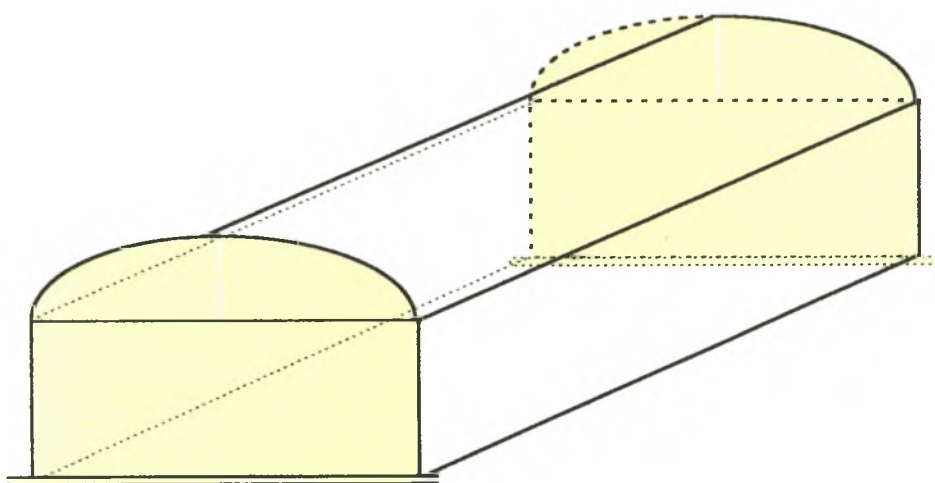
Είναι το θερμοκήπιο που σχηματίζεται με την, κατά μήκος, επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας .



Σχήμα 4. Πολλαπλό τοξωτό θερμοκήπιο.

Τροποποιημένο τοξωτό

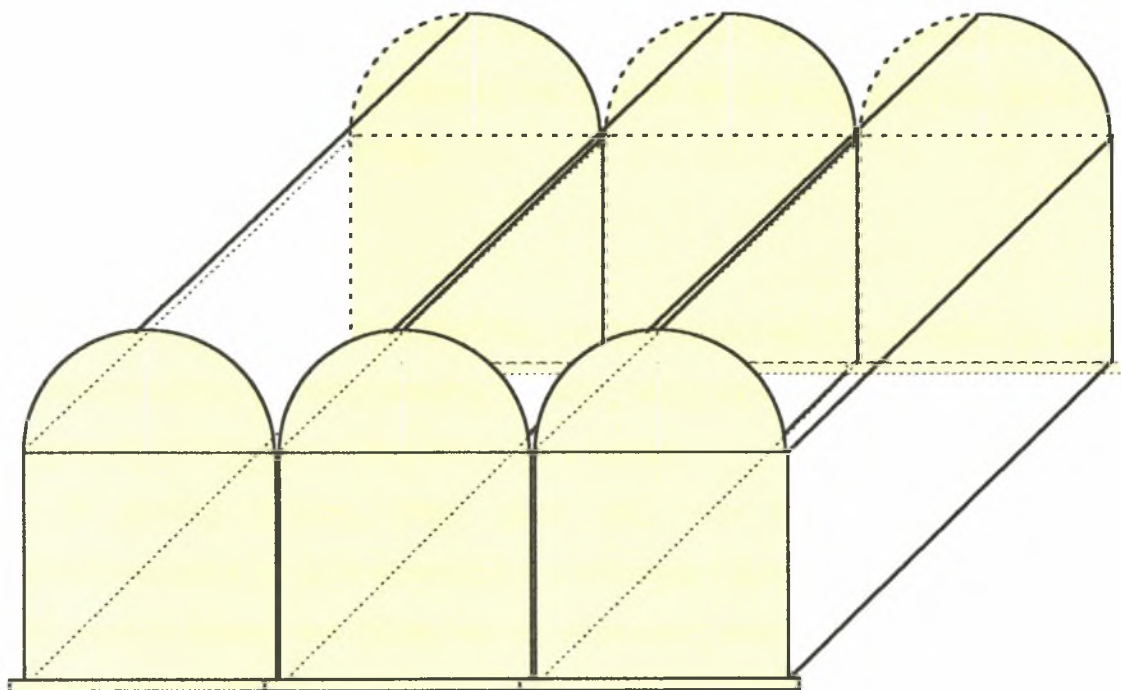
Ονομάζεται το θερμοκήπιο που η απλή κατασκευαστική του μονάδα έχει το παρακάτω σχήμα (ορθοστάτες και τοξωτή στέγη, Σχ. 5).



Σχήμα 5. Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο.

Τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό

Ονομάζεται το θερμοκήπιο που σχηματίζεται από την, κατά μήκος και πλάτος, επανάληψη της κατασκευαστικής του μονάδας (σχ. 6).



Σχήμα 6. Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο.

2.4 Υλικά Κατασκευής Σκελετού

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα για την κατασκευή του σκελετού των θερμοκηπίων είναι το ξύλο, ο χάλυβας και το αλουμίνιο. Η προτίμηση του ενός ή του άλλου υλικού εξαρτάται από το επιθυμητό ελεύθερο πλάτος της κατασκευής, το κόστος των υλικών και το μηχανολογικό εξοπλισμό που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Ξύλο

Το ξύλο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή θερμοκηπίων με μικρό ελεύθερο πλάτος κατασκευαστικής μονάδος, κάτω από 6 m, λόγω της μικρότερης μηχανικής αντοχής του έναντι των άλλων υλικών.

Η μεγάλη έκταση, στην χώρα μας, των θερμοκηπίων που είναι κατασκευασμένα με ξύλινο σκελετό ή συνδιασμό ξύλου και μετάλλου, οφείλεται στο χαμηλό κόστος του ξύλου και τις κλιματικές συνθήκες που επιτρέπουν την ανάπτυξη κατασκευών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις.

Το ξύλο ως υλικό κατασκευής παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Έχει σχετικά μικρό κόστος.
- Δεν δημιουργεί σημαντικές φθορές στο πλαστικό, γιατί δεν υπερθερμαίνεται όπως το μέταλλο.
- Για την επεξεργασία του αρκεί ένας απλός εξοπλισμός και μπορεί ο ίδιος ο καλλιεργητής να κατασκευάσει ένα φθινό θερμοκήπιο.
- Τα θερμοκήπια με ξύλινο σκελετό έχουν κατά 3-10% λιγότερες απώλειες θερμότητας από τα αντίστοιχα με μεταλλικό σκελετό.

Η μικρότερη μηχανική αντοχή σε σχέση με το μέταλλο, η μεταβολή του σχήματος από την εναλλαγή ύγρανσης και ξήρανσης, η εύκολη προσβολή από βιολογικούς εχθρούς και η μεγαλύτερη σκίαση στο χώρο του θερμοκηπίου είναι

μερικά από τα μειονεκτήματα του ξύλου ως υλικό κατασκευής του σκελετού του θερμοκηπίου.

Χάλυβας

Ο χάλυβας χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα στην κατασκευή των θερμοκηπίων. Ο σκελετός αποτελείται από σωλήνες ή διατομές διαφόρων σχημάτων όπως Ε, Γ, Τ, Η, Ι κ.λ.π. Υπάρχουν θερμοκήπια που είναι εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένα από χάλυβα και θερμοκήπια που μόνο τα κύρια στοιχεία του σκελετού τους είναι από χάλυβα και τα υπόλοιπα προέρχονται από συνδιασμό με το αλουμίνιο ή το ξύλο.

Ο χάλυβας, λόγω της υψηλής αντοχής του, απαιτεί σχετικά μικρές διατομές για δεδομένο φορτίο.

Τα βασικότερα προβλήματα με τον χάλυβα είναι η προστασία από την επιφανειακή οξείδωση, στο υγρό περιβάλλον του θερμοκηπίου, το υψηλό κόστος και η δυσκολότερη διαμόρφωση του σε σχέση με το ξύλο. Ο συνηθέστερος τρόπος προστασίας του χάλυβα είναι το γαλβάνισμα.

Γαλβάνισμα είναι η επιψευδαργύρωση χαλύβδινων ή χυτοσιδηρών επιφανειών, με σκοπό την προστασία τους από την οξείδωση. Ο ρυθμός οξείδωσης του ψευδαργύρου είναι το 1/10 έως 1/15 του ρυθμού του κοινού χάλυβα.

Αλουμίνιο

Η χρήση του αλουμινίου στα θερμοκήπια έχει γενικευθεί. Δεν βρήκε εφαρμογή από παραγωγούς που κατασκευάζουν οι ίδιοι θερμοκήπια.

Η χρήση του αλουμινίου ως υλικό κατασκευής σκελετού θερμοκηπίου παρουσιάζει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μετάλλων και του ξύλου:

- Είναι υλικό που έχει μεγάλη αντοχή, δεν απαιτεί συντήρηση, είναι ελαφρύ, εύχριστο και δεν οξειδώνεται εύκολα.

- Οι διατομές των διαφόρων στοιχείων είναι μικρότερες, γεγονός που αν συνδιασθεί με το μικρό ειδικό βάρος, δίνει πολύ μικρού βάρους κατασκευή. Επομένως η κατασκευή αυτή απαιτεί επίσης μικρότερης διατομής φέροντα στοιχεία και παρέχει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης λιγότερων τέτοιων στοιχείων. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια τη μειωμένη σκίαση του θερμοκηπίου και την επίτευξη μεγαλύτερων ανοιγμάτων από στύλο σε στύλο.
- Τα διάφορα στοιχεία, επειδή διαμορφώνονται με εξώθηση, μπορούν να κατασκευασθούν σε πολύπλοκες διατομές, ικανές να δώσουν καλή στεγανότητα και αποκομίδη του νερού της συμπύκνωσης.
- Προσφέρεται πολύ για την κατασκευή των ανοιγμάτων εξαερισμού, γιατί δίνει ελαφρύτερα πλέσια που δεν δημιουργούν προβλήματα λειτουργίας.

Συνήθως στα γυάλινα θερμοκήπια, για οικονομικούς λόγους, το αλουμίνιο χρησιμοποιείται σε συνδιασμό με το χάλυβα. Από αλουμίνιο κατασκευάζονται τα λεπτά στοιχεία του σκελετού, πάνω από τα οποία τοποθετούνται οι υαλοπίνακες, ενώ από χάλυβα σχηματίζεται ο βασικός σκελετός.

Στην κατασκευή των λεπτών στοιχείων του σκελετού του θερμοκηπίου χρησιμοποιούνται ειδικές διατομές αλουμινίου. Λόγο της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας ($\lambda=233 \text{ Watt/m.C}^\circ$), το αλουμίνιο λειτουργεί ως θερμική γέφυρα, μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, όπου συμπυκνώνεται η υγρασία, γι' αυτό πρέπει να προβλεφθεί ειδική διατομή στα διάφορα τεμάχια, ώστε η υγρασία που συμπυκνώνεται να οδηγείται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου.

Το αλουμίνιο, ιδιαίτερα το ανοδιωμένο, δεν διαβρώνεται από την ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου και δεν απαιτεί βαφή.



Εικόνα 1. Σκελετός θερμοκηπίου (χάλυβας)

2.5 Υλικά κάλυψης

Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτός που περνάει στο χώρο των φυτών επηρεάζεται πολύ από τις ιδιότητες του διαφανούς υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου.

Ένα καλής ποιότητας υλικό κάλυψης πρέπει να επιτρέπει τη διείσδυση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας από τον προσπίπτοντα σ' αυτό φωτισμό και να ευνοεί τη διάχυσή του στο εσωτερικό του θερμοκηπίου ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού στο χώρο. Επί πλέον πρέπει να επιτρέπει από το φυσικό φως να διέρχονται όλα τα μήκη κύματος τα οποία είναι αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών.

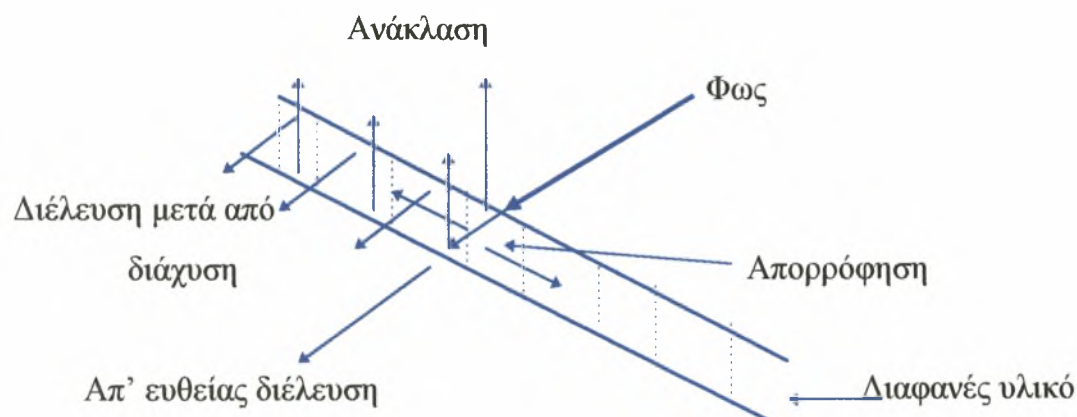
Η επιλογή των διαφόρων υλικών κάλυψης πρέπει να βασίζεται στις παρακάτω ιδιότητες:

- Περαιτότητα στο φως.
- Θερμοπεραιτότητα.
- Περαιτότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.
- Περαιτότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Μηχανική αντοχή.
- Αντοχή στο σκίσιμο.
- Αντοχή στο χαλάζι.
- Αντοχή στη γήρανση-χρόνο.
- Διαμόρφωση σε φύλλα μεγάλου μεγέθους.
- Ευαισθησία στη συγκράτηση σκόνης.
- Ευαισθησία στις χημικές ουσίες.
- Τρόπος συμπύκνωσης της υγρασίας.
- Κόστος.

2.5.1 Οπτικές ιδιότητες υλικών κάλυψης

Κατά την επιλογή των υλικών κάλυψης θερμοκηπίων δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σ' αυτά που παρουσιάζουν μεγάλη διαπερατότητα στη φωτεινή ηλιακή ακτινοβολία και μικρή διαπερατότητα στη θερμική ακτινοβολία του εδάφους.

Είναι γνωστό ότι από το φως που προσπίπτει πάνω σε ένα υλικό κάλυψης, ένα μέρος ανακλάται, ένα άλλο μέρος απορροφάται και το υπόλοιπο διαπερνά και μπένει στο θερμοκήπιο.



Σχήμα 7. Περαιτότητα διαφανούς υλικού στο φως.

Το ποσοστό του φωτός που εισέρχεται στο θερμοκήπιο εξαρτάται από το είδος, το χρώμα, το πάχος και την καθαριότητα του υλικού κάλυψης, από τη γωνία πρόσπτωσης και από τα αδιαφανή μέρη του σκελετού.

Όλα τα μήκη κύματος δεν ανακλώνται, απορροφώνται ή διέρχονται μέσω των διαφόρων υλικών κάλυψης κατά τον ίδιο τρόπο. Το γεγονός αυτό επιδρά στην ποιότητα του φωτισμού που εισέρχεται στο θερμοκήπιο. Γενικά θα πρέπει όλα τα μήκη κύματος του φωτός, τα αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών, να μην

ανακλώνται ή απορροφώνται, αλλά να διέρχονται μέσω του καλύμματος στο χώρο του θερμοκηπίου στο μέγιστο βαθμό.

Ως διέλευση της ακτινοβολίας ορίζεται ο λόγος της διερχόμενης προς την προσπίπτουσα στην επιφάνεια ακτινοβολία.

Η διέλευση του φωτός μέσο ενός υλικού μπορεί να γίνει απ'ευθείας ή με διάχυση. Όταν το φως διέρχεται απ'ευθείας έχει σχεδόν την ίδια διεύθυνση με εκείνη του προσπίπτοντος φωτός. Έτσι είναι έντονες οι σκιές από τα αντικείμενα που εμποδίζουν την πορεία του. Αντίθετα, όταν με τη διέλευση του φωτός στο θερμοκήπιο γίνεται και διάχυση, τότε κατευθύνεται σε όλες τις κατευθύνσεις με αποτέλεσμα την έλλειψη εντόνων σκιάσεων.

Η περατότητα ή μη στη θερμική ακτινοβολία είναι η άλλη σημαντική ιδιότητα των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων. Η θερμική ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), όπως είναι γνωστό εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν συνήθεις θερμοκρασίες. Ορισμένα υλικά κάλυψης είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία, ενώ άλλα είναι λιγότερο ή καθόλου περατά. Τα υλικά κάλυψης που δεν είναι περατά στη θερμική ακτινοβολία εκδηλώνουν την καλούμενη “ιδιότητα του θερμοκηπίου”. Δηλαδή, ενώ επιτρέπουν την είσοδο της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα στο θερμοκήπιο, δεν επιτρέπουν την έξοδο της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα φυτά και το έδαφος και έτσι δημιουργείται μια παγίδα θερμότητας, στην οποία οφείλεται κατά 30% περίπου η αύξηση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου. Το υπόλοιπο ποσοστό οφείλεται στο φαινόμενο του κλειστού χώρου.

Το γυαλί επιτρέπει την είσοδο σε μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας απ'ότι το πολυαιθυλένιο, ενώ το πολυαιθυλένιο επιτρέπει μεγαλύτερη διέλευση θερμικής ακτινοβολίας. Το γεγονός αυτό είναι η αιτία που τα καλυμμένα με πολυαιθυλένιο θερμοκήπια ψύχονται πιο γρήγορα τις βραδυνές και νυχτερινές ώρες.

Η υγρασία που επικάθεται στην εσωτερική πλευρά περιορίζει το ποσοστό περατότητας της θερμικής ακτινοβολίας έως και 50%.

2.5.2 Φυσικές ιδιότητες των υλικών κάλυψης

Επειδή τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων βρίσκονται εκτεθειμένα συνέχεια στις καιρικές συνθήκες, υφίστανται με το χρόνο αλλοιώσεις στο χρώμα, στη διαπερατότητα του φωτός και στην αντοχή. Από τα μέχρι τώρα γνωστά υλικά, μόνο το γυαλί δεν παθαίνει αλλοιώσεις. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που συντελούν στην παλαιώση και αποσύνθεση των πλαστικών είναι η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία, το οξυγόνο, το διοξείδιο του θείου, διάφοροι υδατάνθρακες, ελεύθερα σωματίδια και βακτήρια.

Η υπεριώδης ακτινοβολία, όταν απορροφηθεί από τα πλαστικά, ενεργοποιεί άτομα και μόρια που συνδέονται με δεσμούς, κατά συνέπεια οι δεσμοί σπάζουν και σχηματίζονται ελεύθερες ρίζες υδρογονανθράκων.

Η θερμοκρασία επηρεάζει τους πλαστικοποιητές, συντελεί στον αποχρωματισμό οριζμένων πλαστικών και επιταχύνει μερικές αντιδράσεις.

Η υγρασία επιταχύνει την αποσύνθεση των πλαστικών, επειδή υδρολύει ορισμένα πολυμερή πολυεστέρων, πολυαμιδίων και πολυακετυλίων, μεταφέρει τα διαλυτά στο νερό προϊόντα φωτοοξειδωσης και δημιουργεί με την απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας ελεύθερες ρίζες υδροξειλίου. Ακόμη η υγρασία διαχέεται στο πολυμερές και απορροφάται από υδρόφιλα υλικά.

Το οξυγόνο του αέρα επιδρά στα άτομα του πλαστικού που έχουν ενεργοποιηθεί από την υπεριώδη ακτινοβολία και σχηματίζει ρίζες υπεροξειδίου.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας έχει βρεθεί ότι μειώνεται η αντοχή των πλαστικών στην έλξη, πράγμα που δεν συμβαίνει στο γυαλί. Από τα πλαστικά που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια μεγαλύτερη αντοχή στην έλξη, ανά μονάδα πάχους, δείχνει το πολυαιθυλένιο. Τα πλαστικά έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην

έλξη από το γυαλί. Έχει βρεθεί ότι το πάχος του πλαστικού σχετίζεται με τη διάρκεια ζωής του.

2.6 Είδη Υλικών Κάλυψης Θερμοκηπίων

Το Γυαλί

Είναι το πρώτο διαφανές υλικό που κατά σύμπτωση κατασκαυάστηκε στην κοιλάδα του Νείλου μερικές χιλιετηρίδες π.Χ. Για μερικές εκατονταετηρίδες ήταν το μοναδικό υλικό που χρησιμοποιούσαν οι άνθρωποι στην κάλυψη των θερμοκηπίων.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του γυαλιού σαν υλικό κάλυψης των θερμοκηπίων, είναι η διατήρηση των ιδιοτήτων του με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι, έχει βρεθεί ότι ένας υαλοπίνακας έχει πρακτικά την ίδια περατότητα στο φως μ' ένα καινούργιο, μετά από 43 χρόνια. Η πιθανή μείωση της φωτεινότητας του γυαλιού οφείλεται στις ακαθαρσίες, που όμως είναι δυνατόν να απομακρυνθούν.

Το γυαλί είναι αδιαπέραστο στα αέρια και τους υδρατμούς. Τα προβλήματα στην στεγανότητα που μπορεί να εμφανιστούν σε γυάλινα θερμοκήπια, προέρχονται από την κακή επαφή που παρουσιάζεται σταδιακά στα σημεία στήριξης του υαλοπίνακα με το σκελετό. Με την πάροδο του χρόνου ορισμένες ποιότητες γυαλιού γίνονται πιο εύθραστες.

Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διαφανής, με τις δύο του επιφάνειες επίπεδες και λείες, ή διαφώτιστος, με τη μία επιφάνεια κυματοειδή ή φολιδωτή, ώστε να διευκολύνει τη διάχυση του φωτός. Συνήθως στην οροφή του θερμοκηπίου τοποθετούνται υαλοπίνακες με κυματοειδή ή φολιδωτή τη μία πλευρά για καλύτερη διάχυση του φωτός, ενώ στις πλευρές τοποθετούνται υαλοπίνακες με τις δύο πλευρές επίπεδες, διότι το φως που εισέρχεται από πλάγια είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος διάχυτο, προερχόμενο κυρίως από ανακλάσεις στο έδαφος ή

άλλα αντικείμενα. Η μη επίπεδη πλευρά του υαλοπίνακα της οροφής του θερμοκηπίου τοποθετείται προς το εσωτερικό για να μην συγκρατείται η σκόνη.

Λόγο του μεγάλου ειδικού βάρους του γυαλιού ($2,5\text{g cm}^{-3}$), το υαλόφρακτο θερμοκήπιο απαιτεί φέρουσα κατασκευή ιδιαίτερας αντοχής, χωρίς να υφίσταται σημαντικές παραμορφώσεις από το βάρος των διαφόρων φορτίων.

Το ποσοστό διέλευσης του μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας στους συνήθους πάχους υαλοπίνακες, είναι συγκριτικά από τα μεγαλύτερα, περίπου 30% και επειδή η περατότητα αυτή είναι σχεδόν σταθερή στο χρόνο, ο υαλοπίνακας αποτελεί το μέτρο σύγκρισης όλων των άλλων διαφανών υλικών.

Η μεγάλη περατότητα του γυαλιού δεν σημαίνει απαραίτητα και μεγάλη φωτεινότητα σε ένα γυάλινο θερμοκήπιο, γιατί ο σκελετός στηρίξεως του μεγάλου βάρους και μικρού μεγέθους υαλοπινάκων, παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό σκιάς, για το λόγο αυτό συνηστώνται όσο το δυνατόν μεγαλύτερων διαστάσεων υαλοπίνακες.

Το πάχος των υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια είναι συναρτήση των διαστάσεών τους. Το γυαλί για να είναι κατάλληλο πρέπει να έχει πάχος τουλάχιστον 4mm, για όλες τις επιφάνειες που πρέπει να καλυφθούν με συνήθων διαστάσεων υαλοπίνακες.

Τελευταία, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας, κυκλοφορεί στο εμπόριο ο διπλός υαλοπίνακας με κενό χώρο μεταξύ των δύο επιφανειών ή γεμάτο με διοξείδιο του άνθρακα.

Ο διπλός υαλοπίνακας μειώνει το συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα στο ήμισυ, επειδή όμως συμμετέχει και ο σκελετός στην περατότητα του θερμοκηπίου, τελικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας μειώνεται περίπου κατά 40%. Μειωνέκτημα είναι η μειωμένη περατότητά του στο ορατό φως.

Εύκαμπτα φύλλα πλαστικού

Πήραν την ονομασία “πλαστικά” από την ικανότητά τους να διαμορφώνονται ή να πλάθονται. Είναι πολυμερή που έχουν ως βάση τον άνθρακα, εκτός από τις σιλικόνες, που για βάση έχουν το πυρίτιο.

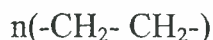
Στα εύκαμπτα φύλλα πλαστικού περιλαμβάνονται το φύλλο πολυαιθυλενίου (PE), το φύλλο πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) και το φύλλο πολυεστέρα. Το PE είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο σήμερα.

Γενικά τα πλαστικά μπορούν να ταξινομηθούν σε θερμοπλαστικά, που με τη θερμοκρασία χάνουν το σχήμα τους, αλλά όταν αφεθούν να κρυώσουν εξακολουθούν να έχουν τις ιδιότητες που είχαν πριν και σε θερμοσκληρά που δεν χάνουν το σχήμα τους με υψηλή θερμοκρασία η οποία όμως σε πολύ υψηλές τιμές τα καταστρέφει. Θερμοπλαστικό είναι το πολυαιθυλένιο και το πολυβινυλοχλωρίδιο ενώ ο πολυεστέρας είναι θερμοσκληρό.

Τα πλεονεκτήματα των εύκαμπτων φύλλων πλαστικού έναντι των άλλων υλικών κάλυψης είναι το μικρό βάρος τους, η χαμηλή τιμή τους, η ευκολία προσαρμογής τους σε διάφορα σχήματα του σκελετού, η δυνατότητα που δίνουν για χρησιμοποίηση ελαφρότερου και φθηνότερου σκελετού και το χαμηλό κόστος αρχικής επένδυσης στο σύνολο, που επιτυγχάνεται στα πλαστικά θερμοκήπια.

Πολυαιθυλένιο (PE)

Το φύλλο πολυαιθυλενίου διαμορφώθηκε για πρώτη φορά το 1938 αφού πρώτα είχε ανακαλυφθεί το 1933 από τους Βρετανούς χημικούς Faucett και Bibson η χημική ένωση-δόμη του πολυαιθυλενίου. Η εμπορική παραγωγή άρχισε από το 1943 στις ΗΠΑ. Παρασκευάζεται από το αργό πετρέλαιο και έχει ειδικό βάρος $0,92 \text{ gr cm}^{-3}$



Οι σπουδαιότερες ιδιότητες του πολυαιθυλενίου είναι ότι διαμορφώνεται σε φύλλα μεγάλου πλάτους, είναι ελαφρό, εύκαμπτο και φθηνότερο από όλα τα άλλα είδη πλαστικών και αντέχει σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες (-60°C έως $+60^{\circ}\text{C}$). Είναι αδιαπέραστο στο νερό ενώ άλλα αέρια, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το οξυγόνο και οι υδρατμοί, διαχέονται από το μορίο του. Έχει βρεθεί ότι το CO_2 είναι τρεις φορές πιο διαπερατό από το O_2 , αλλά η διαπερατότητα είναι βραδεία και αμφίβολο αν μπορεί να συμπληρώσει μεγάλο ποσοστό από αυτό που καταναλίσκουν τα φυτά. Έχει καλή μηχανική αντοχή, η οποία είναι συναρτήσεως του πάχους του. Φύλλο πάχους 0,1-0,15mm έχει 1-2 φορές μεγαλύτερη αντοχή από αυτή του γυαλιού πάχους 3mm. Το πολυαιθυλένιο έχει καλή περατότητα στο φως. Από μετρήσεις βρέθηκε ότι η διαπερατότητα του καθαρού φύλλου στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι 80% στην ορατή 86% και στη θερμική 88%. Η μεγάλη διαπερατότητα της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας μειώνει τη διάρκεια ζωής του πλαστικού και επηρεάζει την απόδοση, την εποχή παραγωγής, το χρώμα και τη γεύση των καρπών. Το PE είναι πολύ διαπερατό στην θερμική ακτινοβολία του εδάφους, επιτρέπει το 77% με συνέπεια, όταν ο ουρανός δεν έχει σύννεφα, η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο να πέφτει κάτω από τη θερμοκρασία αέρα του περιβάλλοντος. Το καλοκαίρι τα καλυμμένα με PE θερμοκήπια είναι λιγότερο θερμά από τα γυάλινα θερμοκήπια.

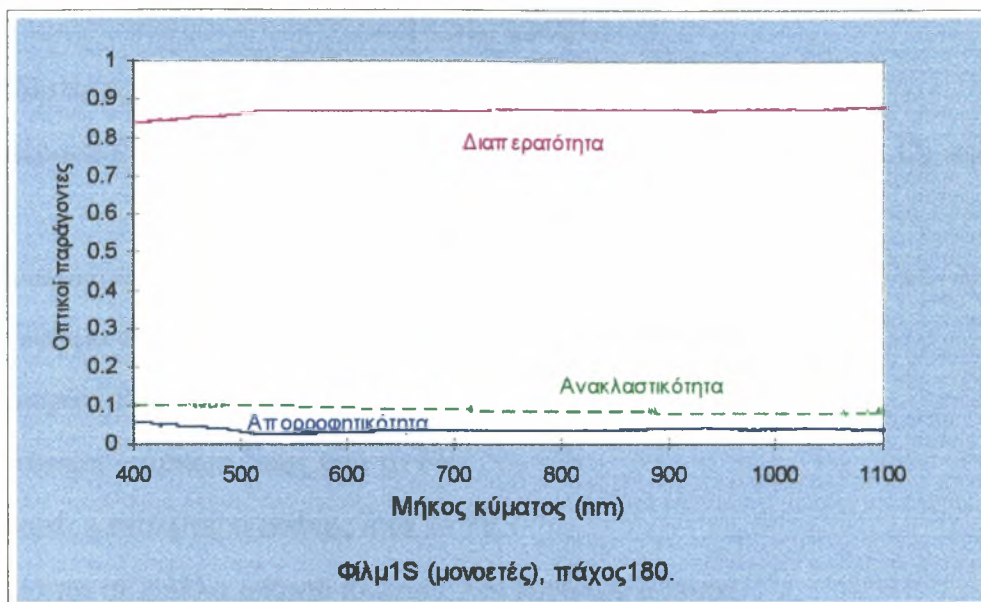
Ένα από τα σοβαρότερα μειονεκτήματα του PE είναι η μικρή διάρκεια της ζωής του. Η υπεριώδης ακτινοβολία, το οξυγόνο του αέρα, η υγρασία και η θερμοκρασία είναι οι παράγοντες που συντελούν στην μείωση της ζωής-παλαίωση του πλαστικού. Η παλαίωση, φωτοοξειδωτικό φαινόμενο, οδηγεί στον αποχρωματισμό και στη μείωση της μηχανικής αντοχής του PE. Το απλό PE μπορεί να ενισχυθεί, αν κατά τη διαμόρφωση του φύλλου προστεθούν αντιοξειδωτικά και σταθεροποιητές. Τα υλικά αυτά δίνουν μια ελαφριά απόχρωση στο πλαστικό και αυξάνουν σημαντικά τη διάρκεια ζωής του κάνοντάς το ανθεκτικό στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Το PE παρουσιάζει μια συστολή-διαστολή με την μεταβολή της θερμοκρασίας, γι' αυτό θα πρέπει η τοποθέτησή του να γίνεται σε μια μέση θερμοκρασία 25 °C, ώστε να μην προξενούνται σχισίματα στα σημεία στήριξης.

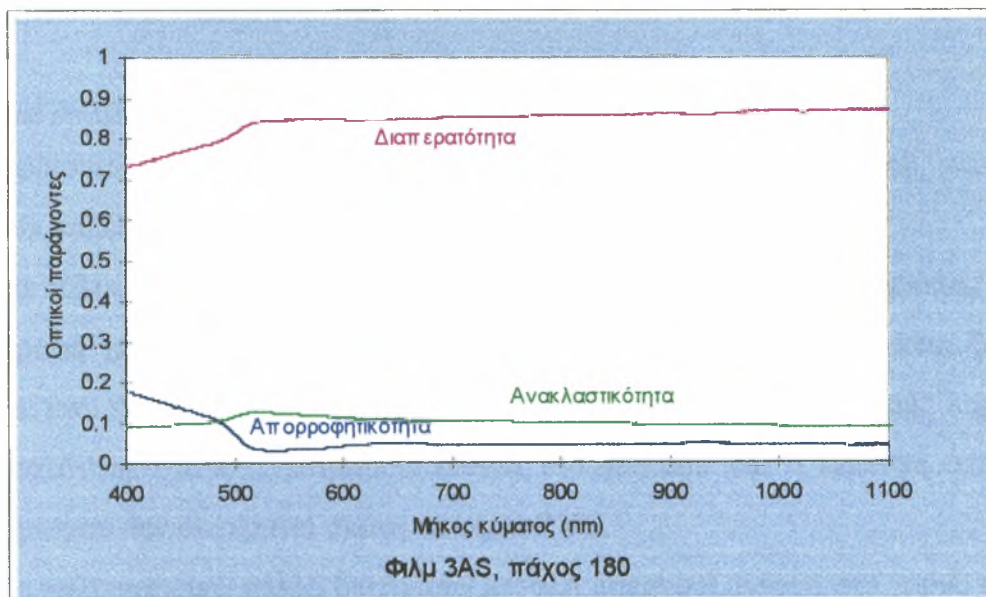
Για τη μείωση της περατότητας του PE στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία δημιουργήθηκαν είδικα προϊόντα πολυαιθυλενίου όπως τα : Ethylene Vinyl Acetate (EVA), του οποίου η περατότητα στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε vinyl acetate και θερμόφυλλο (RE-IR) που είναι φύλλο PE με προσμίξεις διαφόρων αλάτων ή άλλων ενώσεων. Προσπάθειες γίνονται για την κατασκευή PE με την εσωτερική επιφάνεια υδρόφιλη, ώστε να μην συμπυκνώνονται υδρατμοί υπό μορφή σταγόνας, αλλά υπό μορφή μεμβράνης και το νερό να ρέει προς την περιφέρεια χωρίς να πέφτει πάνω στα φυτά.

Το φύλλο πολυαιθυλενίου σήμερα διαμορφώνεται με τη μέθοδο της συνεξώθησης, δηλαδή το πλαστικό φύλλο αποτελείται από δύο ή τρία επίπεδα ενωμένα, με δυνατότητα να έχει το καθένα διαφορετικό μίγμα PE. Έτσι το κάθε επίπεδο μπορεί να έχει διαφορετικές ιδιότητες ώστε το συνολικό αποτέλεσμα να είναι αθριστικό ή αποτέλεσμα του συνδιασμού τους.

Το PE μετά τρία χρόνια χρήσεως παρουσιάζει μείωση στην περατότητα του φωτός κατά 5-10%. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι οπτικές ιδιότητες δύο διαφορετικών φύλλων PE μετρημένες στο εργαστήριο. (C.Kittas, A.Baille, 1998)



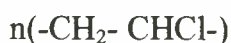
Σχήμα 8. Οπτικές ιδιότητες ενός φύλλου πολυαιθυλενίου.



Σχήμα 9. Οπτικές ιδιότητες ενός φύλλου πολυαιθυλενίου.

Πολυβινυλογλωρίδιο (PVC)

Παράγεται από το βινυλογλωρίδιο με πολυμερισμό.



Οι ιδιότητες του PVC είναι :

- αδιαπέραστο στο νερό με μικρή περατότητα στους υδρατμούς, το O_2 και το CO_2 .
- θερμοαγωγιμότητα $\lambda=0,17 \text{ watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, μικρότερη από το PE με άμεσο αποτέλεσμα την καλύτερη θερμομόνωση του θερμοκηπίου.
- 12% περατότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.
- μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από το PE.
- 3-4 φορές μεγαλύτερο κόστος από το PE.
- Παράγεται σε φύλλα μικρού πλάτους και μεγάλου μήκους.
- Συγκρατεί σκόνη λόγω των ηλεκτροστατικών φορτίων που κρατά με συνέπεια την μείωση της περατότητας στο φως.
- Καινούργιο έχει 90% περατότητα στο φως.

Πολυεστερικά φύλλα

Προϊόντα πολυμερισμού της αιθυλικής αλκοόλης, της προπυλικής γλυκόζης και των μαλεϊκού και φουμαρικού οξέως.

Τα πολυεστερικά φύλλα έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής. Για οροφή χρησιμοποιείται φύλλο πάχους 0,127 mm που έχει διάρκεια ζωής 4 χρόνια, ενώ για τα τοιχώματα φύλλα πάχους 0,076 mm με διάρκεια ζωής 7 χρόνια. Η περατότητα στο φως πλησιάζει εκείνη του γυαλιού και η έλλειψη στατικού ηλεκτρισμού δεν συγκρατεί σκόνη όπως το PVC.

Τα πολυεστερικά φύλλα διατηρούν μεγάλη μηχανική αντοχή στο χρόνο και τις καλές θερμικές ιδιότητες χωρίς να επηρεάζονται από τη σχετική υγρασία. Το λεπτό φύλλο πολυεστέρα έχει 91% περατότητα στο φως. Η περατότητα στην μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία πολυεστέρα πάχους 0,05 mm είναι 19%.

Επιφάνειες σκληρού πλαστικού

Ενισχυμένος πολυεστέρας

Πολυεστέρας στον οποίο έχουν προστεθεί 20-34% ίνες γυαλιού με αποτέλεσμα αυξημένη μηχανική αντοχή και καλύτερη διάχυση του φωτός στο θερμοκήπιο. Είναι τα γνωστά στο εμπόριο προϊόντα “Fibreglass”. Το ειδικό βάρος του είναι 1,3-1,6 gr cm⁻³.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας είναι ανθεκτικός στο χαλάζι, αλλά διαβρώνεται η εξωτερική του επιφάνεια, συγκρατεί σκόνη και μειώνεται έτσι η περατότητα στο φως.

Ένας βελτιωμένος τύπος είναι αυτός που έχει καλυμμένη την εξωτερική του επιφάνεια με λεπτό φύλλο “tedlar”. Ενισχυμένος πολυεστέρας με προστατευτικό για τις υπεριώδεις ακτίνες μπορεί να διαρκέσει έως 10 χρόνια με λογική μείωση της περατότητας στο φως.

Ο ενισχυμένος πολυεστέρας έχει πολύ μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Απαιτεί την ίδια κατανάλωση ενέργειας στο θερμοκήπιο, για θέρμανση το χειμώνα, με ένα γυάλινο θερμοκήπιο, ενώ το καλοκαίρι απαιτεί μικρότερη ψύξη γιατί έχει μικρότερη περατότητα στην κάθετη ακτινοβολία.

Η επιφάνεια του ενισχυμένου πολυεστέρα είναι υδρόφοβη.

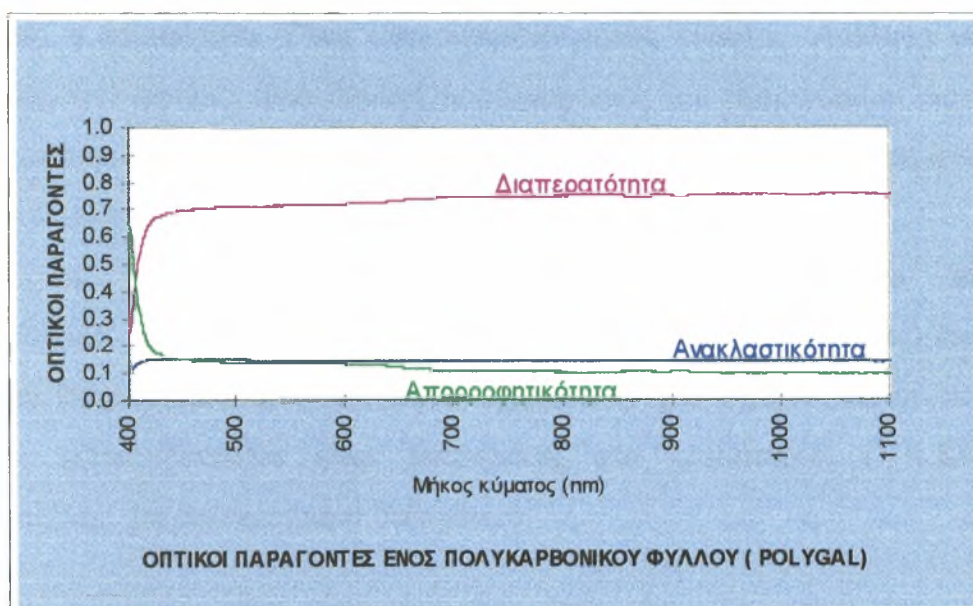
Πολυκαρβονικές επιφάνειες (PC)

Είναι διαθέσιμες στην αγορά με τα ονόματα : Thermoclear, Molanex, Lexan, Qualex, Polygal, Makrolon, Akyver και Casalith.

Κυκλοφορούν στο εμπόριο υπό μορφή απλών αυλακοτών επιφανειών και υπό μορφή διπλών τοιχωμάτων.

Τα διπλά τοιχώματα χρησιμοποιούνται για την κάλυψη θερμοκηπίων με σκοπό τη μείωση των απωλειών θερμότητας. Οι επιφάνειες αυτές αποτελούνται από δύο επίπεδα που συγκρατούνται από εγκάρσιες λωρίδες.

Έχει σημαντικό κόστος αλλά και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας στο θερμοκήπιο. Έχει περατότητα στο φως 73-77% (καινούργιο). Με την πάροδο του χρόνου η περατότητα μειώνεται (έως 10% μετά 15 χρόνια). Στο σχήμα (10) φαίνονται οι οπτικοί παράγοντες ενός πολυκαρβονικού φιλμ. (Κ.Κίττας, Θ.Μπαρτζάνας μη δημοσιευμένα δεδομένα)



Σχήμα 10. Οπτικές ιδιότητες ενός πολυκαρβονικού φύλλου .

Ακρυλικές επιφάνειες

Προέρχονται από το polymethyl metacrylate (PMMA) και βρίσκονται στο εμπόριο με το όνομα Plexiglass, Perspex, Vedril και Mouch. Έχουν καλή περατότητα στο φως, ειδικό βάρος $1,18 \text{ gr cm}^{-3}$, υψηλή μηχανική αντοχή, πολύ μεγαλύτερη του γυαλιού, μικρό συντελεστή αγωγιμότητας ($\lambda = 0,2 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

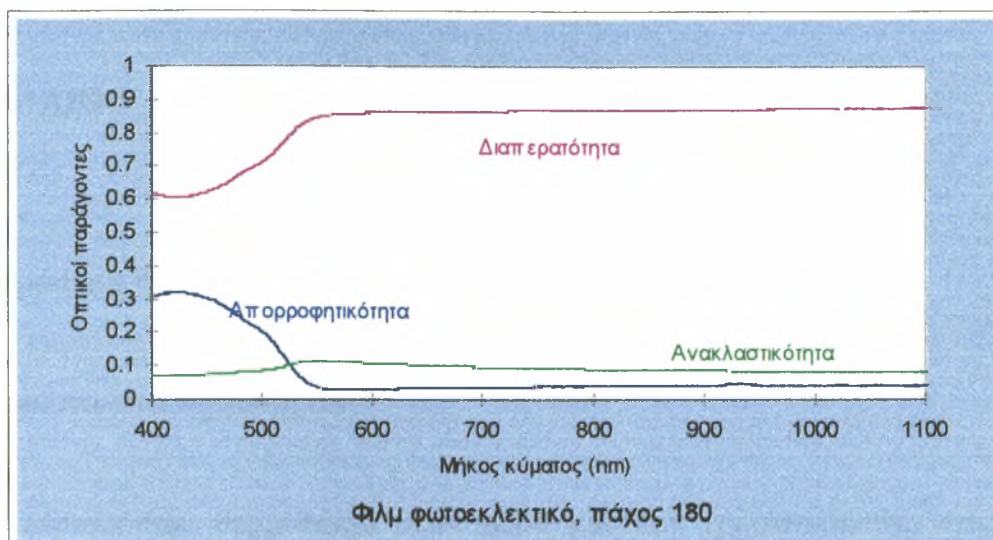
Υπάρχει τύπος υλικού ο οποίος μεταβιβάζει την UV ακτινοβολία και άλλος που την απορροφά.

Είναι θαυμάσιο υλικό από πλευράς οπτικών ιδιοτήτων και θερμομόνωσης. Το κόστος του όμως είναι πολύ υψηλό, ώστε να μην είναι δυνατό το υλικό αυτό να βρεί γενική χρήση στα θερμοκήπια.

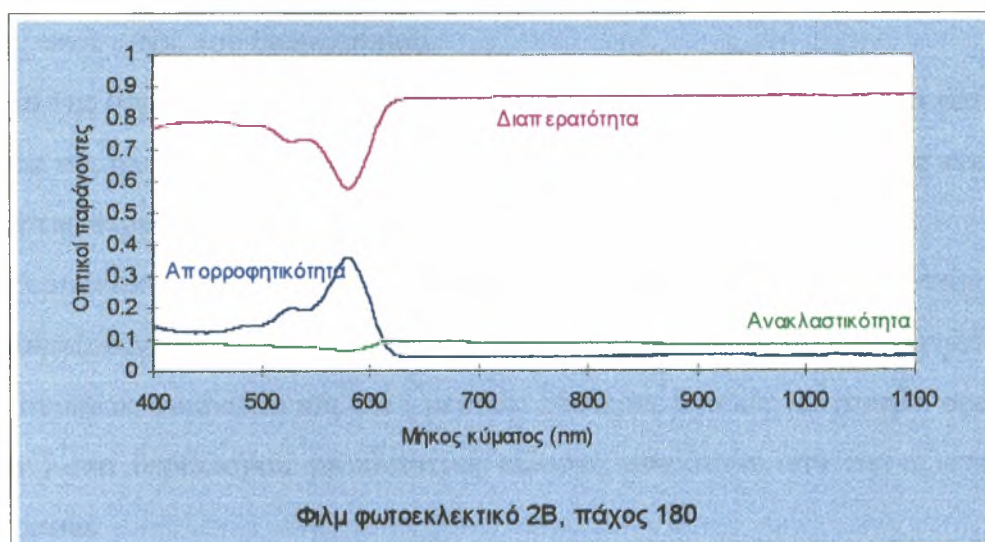
Υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως

Τα υλικά αυτά προέρχονται από τα συνήθη πλαστικά φύλλα με τη διαφορά ότι με διάφορα πρόσθετα γίνεται αλλαγή των οπτικών χαρακτηριστικών τους, λ.χ. μειώνεται η περατότητα σε ορισμένα μήκη κύματος του ορατού φωτός και ενισχύεται η περατότητα σ'ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος. Ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών, είναι δυνατή η προσαρμογή του θερμοκηπίου ώστε να εισέρχεται περισσότερη ακτινοβολία ενός καθορισμένου μήκους κύματος για την επίτευξη διαφόρων στόχων.

Με τη χρησιμοποίηση συγκεκριμένου χρωματισμού στο φύλλο πολυεθυλενίου, παρατηρήθηκε η απουσία ορισμένων εντόμων (αφίδες) από το χώρο του θερμοκηπίου. Στα παρακάτω σχήματα (11,12) φαίνονται οι οπτικές ιδιότητες φωτοεκλεκτικών φιλμ μετρημένες στο εργαστήριο. (Κ.Κίττας, Θ.Μπαρτζάνας μη δημοσιευμένα δεδομένα)



Σχήμα 11. Οπτικές ιδιότητες ενός φωτοεκλεκτικού φύλλου.



Σχήμα 12. Οπτικές ιδιότητες ενός φωτοεκλεκτικού φύλλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Θέρμανση θερμοκήπιων.

Μη θερμαινόμενα θερμοκήπια

Στα περισσότερα θερμοκήπια στην χώρα μας δεν χρησιμοποιείται κανενός είδους τεχνητή θέρμανση. Οι καλλιεργητές αποβλέπουν επομένως, κυρίως στην προστασία των φυτών από αντίξοες καιρικές συνθήκες καθώς και στην εκμετάλλευση της υψηλότερης ημερήσιας θερμοκρασίας που δημιουργείται συνήθως στον χώρο του θερμοκηπίου.

Η τιμή της θερμοκρασίας μέσα στον χώρο του θερμοκηπίου εξαρτάται από την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που δέχεται στο εσωτερικό του, καθώς και από την τιμή της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.

Στα θερμοκήπια αυτά η ημερήσια θερμοκρασία είναι συνήθως υψηλότερη από αυτήν του εξωτερικού αέρα, ενώ η νυχτερινή μπορεί να είναι ελάχιστα υψηλότερη ή όπως συνήθως συμβαίνει ίση και (μερικές ξάστερες βραδιές με χαμηλή σχετική υγρασία) στα θερμοκήπια με πλαστική κάλυψη μικρότερη από την εξωτερική θερμοκρασία.

Τα μη θερμαινόμενα θερμοκήπια παρέχουν προστασία παρόμοια με εκείνη των χαμηλών σκεπαστρών. Τα θερμοκήπια αυτά σε σχέση με τα χαμηλά σκέπαστρα, προσφέρουν τα εξής πλεονεκτήματα:

α) Επιτρέπουν την καλλιέργεια φυτών μεγάλου σχήματος, όπως είναι η τριανταφυλλιά, η αγγουριά, η τομάτα κ.λ.π.

β) Ο μεγαλύτερος όγκος του αέρα που είναι εγκλωβισμένος στο θερμοκήπιο υπόκειται σε λιγότερο απότομες μεταβολές και έτσι δημιουργούνται καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών.

γ) Επιτρέπουν την εργασία των καλλιεργητών μέσα σε αυτά προστατεύοντας τους συγχρόνως και από τις αντίξοες καιρικές συνθήκες.

Ελαφρώς θερμαινόμενα θερμοκήπια

Στα θερμοκήπια αυτά η τεχνητή θέρμανση χρησιμοποιείται μόνο για να προστατεύει η καλλιέργεια από τον παγετό ή να περιοριστεί η συμπύκνωση της υγρασίας πάνω στα φύλλα και έτσι να μειωθούν οι αρρώστιες των φυτών. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν απαιτείται πολυσύνθετο και ακριβό σύστημα θέρμανσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται απλά αερόθερμα ή θερμάστρες.

Η απλή αυτή θέρμανση στα θερμοκήπια αυξάνει τις δυνατότητες χρήσης του κοινού θερμοκηπίου διότι:

α) Επιτρέπει την καλλιέργεια σε όλη την διάρκεια του χειμώνα, ακόμη και σε περιόδους με πιθανότητα παγετού.

β) Συχνά επιτυγχάνεται πρωϊμότερη παραγωγή διότι τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα.

γ) Μειώνονται οι κίνδυνοι από μυκητολογικές ασθένειες λόγω υπερβολικής υγρασίας αφού η διαχείριση της μπορεί να γίνει με την χρήση θερμότητας όποτε καταστεί αναγκαίο.

Πλήρως θερμαινόμενα θερμοκήπια

Έχουν σύνθετο και ακριβό σύστημα θέρμανσης που επιτρέπει την ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου στα επιθυμητά επίπεδα.

Η κύρια πηγή ενέργειας για την θέρμανση του θερμοκηπίου κατά την διάρκεια της ημέρας είναι η ηλιακή ακτινοβολία, όταν όμως είναι περιορισμένη και η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από τα επιθυμητά επίπεδα, χρησιμοποιείται το σύστημα θέρμανσης.

Συνήθως χρησιμοποιείται κεντρική μονάδα με ζεστό νερό ή ατμό ή και αερόθερμα που συμπληρώνονται με αεραγωγό για ομοιόμορφη κατανομή του αέρα στο χώρο.

Η χρησιμοποίηση θέρμανσης σε ένα θερμοκήπιο κρίνεται οικονομικά ωφέλιμη αν υπάρχει η δυνατότητα αριστοποίησης και όλων των άλλων παραγόντων που συμμετέχουν στην ανάπτυξη των φυτών. Θα πρέπει το οικονομικό όφελος από την αύξηση της παραγωγής και την βελτίωση της ποιότητας να είναι μεγαλύτερο από την οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει από το επιπλέον απασχολούμενο κεφάλαιο, την κατανάλωση των καυσίμων την συντήρηση και τις επιδιορθώσεις του συστήματος θέρμανσης.

Κατά την εγκατάσταση ενός συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα παρακάτω:

- Η μείωση του φυσικού φωτισμού που προκαλείται στον χώρο του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι η μικρότερη δυνατή.
- Ο χώρος που καταλαμβάνει το σύστημα θέρμανσης δεν θα πρέπει να είναι σε βάρος του χώρου καλλιέργειας ούτε να δυσχεραίνει τιος οποιαδήποτε καλλιεργητικές εργασίες.
- Να μην αυξάνεται υπερβολικά ο ολικός συντελεστής απωλειών του θερμοκηπίου. Πολύ μεγάλες ταχύτητες του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο ή πολύ μεγάλες επιφάνειες θερμαντικών στοιχείων, αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας.
- Η κατανομή της θερμότητας στον χώρο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομοιόμορφη, ώστε να αποφευχθούν διακυμάνσεις της θερμοκρασίας τοπικά.

- Θα πρέπει να υπάρχει κατάλληλο σύστημα ελέγχου, ώστε το σύστημαθέρμανσης να αντιδρά γρήγορα στις μεταβολές των κλιματικών παραμέτρων.

Σημαντικό επίσης στοιχείο είναι η ασφάλεια και αξιοπιστία στη λειτουργία του, καθώς και το μικρό κόστος συντήρησης.

3.1.1 Απαιτούμενη ισχύς του συστήματος θέρμανσης

Για τον υπολογισμό των στοιχείων ενός συστήματος θέρμανσης που πρέπει να εγκατασταθεί σε ένα θερμοκήπιο ώστε να παρέχει τη δυνατότητα ικανοποιητικής ρύθμισης της θερμοκρασίας του, είναι απαραίτητο να βρούμε πρώτα τη μέγιστη απαίτηση σε θερμότητα στη μονάδα του χρόνου του συγκεκριμένου θερμοκηπίου. Η μέγιστη απαίτηση σε θερμότητα συμβαίνει συνήθως τη νύχτα, όταν η εξωτερική θερμοκρασία φθάνει στην ελάχιστη τιμή της.

Ένας πολύ απλός τρόπος για την εκτίμηση της απαιτούμενης θερμότητας είναι αυτός που χρησιμοποιεί μία μόνο σχέση και αφορά το σύνολο των απωλειών του θερμοκηπίου σε ενέργεια:

$$Q = A_s \cdot U \cdot (t_i - t_e)$$

όπου : Q η μέγιστη απαίτηση θερμότητας [W]

U ο ολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]

A_s η επιφάνεια του καλύμματος [m^2]

t_i η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο [$^\circ C$]

t_e η μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία του χειρότερου θερμοκρασιακά μήνα.

3.1.2 Καταναλισκόμενη θερμότητα

Για τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλίσκεται για τη θέρμανση ενός θερμοκηπίου, πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιθυμητή θερμοκρασία μέσα στο

θερμοκήπιο, η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση του θερμοκηπίου προέρχεται κυρίως από την ηλιακή ακτινοβολία, όταν όμως δεν επαρκεί τότε συμμετέχει και το σύστημα θέρμανσης. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η απαιτούμενη ενέργεια προέρχεται μόνο από το σύστημα θέρμανσης.

Ένας απλός τρόπος για να εκτιμηθεί η κατανάλωση θερμότητας δίδεται από την παρακάτω ισότητα:

$$q_h = A_c/A_g * U * (t_i - t_o) - I * r * \varepsilon$$

όπου: q_h η καταναλισκόμενη ενέργεια [W/m^2]

t_i : η θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου [$^{\circ}C$]

t_o : η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα του θερμοκηπίου [$^{\circ}C$]

I : η ένταση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο έδαφος [W/m^2]

r : η περατότητα του θερμοκηπίου στην ηλιακή ακτινοβολία

ε : ο συντελεστής μετατροπής της ακτινοβολίας σε αισθητή θερμότητα μέσα στο θερμοκήπιο.

3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Συμβατικά συστήματα θέρμανσης

Η θερμότητα στον χώρο του θερμοκηπίου μπορεί να διαδοθεί με τους παρακάτω τρόπους:

- α) Τοπικά συστήματα θέρμανσης
 - Θερμάστρες παραφίνης
 - Θερμάστρες συναγωγής
 - Συσκευές υπέρυθρης ακτινοβολίας
 - Αερόθερμα

Κεντρικά συστήματα θέρμανσης

- Λέβητες παραγωγής θερμού νερού
- Λέβητες παραγωγής ατμού

Θερμάστρες παραφίνης

Οι θερμάστρες αυτές χρησιμοποιούνται μόνο για να κρατήσουν την θερμοκρασία του χώρου λίγο πάνω από 0 °C (αντιπαγετική προστασία). Όταν υπάρχει κίνδυνος παγετού, ανάβονται από τον καλλιεργητή πολλές τέτοιες θερμάστρες στον χώρο του θερμοκηπίου. Η ακριβής ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου δεν είναι δυνατή.

Θερμάστρες συναγωγής

Χρησιμοποιούνται σε πολύ μικρά ή ερασιτεχνικά θερμοκήπια, επειδή έχουν μικρό κόστος. Δεν αυτοματοποιούνται ικανοποιητικά.

Τα αέρια της καύσης περνούν από ένα μεταλλικό σωλήνα με λεπτά τοιχώματα και διατρέχουν μια αρκετά μεγάλη διαδρομή μέσα στο θερμοκήπιο. Οι θερμάστρες τοποθετούνται συνήθως σε μια άκρη του θερμοκηπίου και ο σωλήνας βγαίνει από την απέναντι.

Θέρμανση με υπέρυθρη ακτινοβολία

Σε αυτά τα συστήματα η θερμότητα στέλνεται απ'ευθείας από την πηγή με την μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που μεταδίδονται σε ευθεία γραμμή στο δέκτη, που στην περίπτωση μας είναι τα φυτά και το έδαφος. Ο αέρας δεν θερμένεται απ' ευθείας από την ακτινοβολία, αλλά με συναγωγή λόγω της επαφής του με τα φυτά, το έδαφος και τα υπόλοιπα αντικείμενα που θερμένονται άμεσα.

Η πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας, που συμφέρει να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση των θερμοκηπίων, είναι σωλήνες που τοποθετούνται ψηλά κατά μήκος του θερμοκηπίου, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί κάποιο ρευστό υψηλής θερμοκρασίας, για να ακτινοβολεί μεγάλο ποσό θερμότητας. Για να μην χάνεται ενέργεια με ακτινοβολία προς την επάνω πλευρά του θερμοκηπίου, χρησιμοποιούνται ανακλαστικές επιφάνειες, οι οποίες όμως δεν θα πρέπει να είναι υπερβολικά μεγάλες για να μην προκαλούν σημαντικά προβλήματα σκίασης.

Κατά κανόνα τα συστήματα αυτά εξασφαλίζουν υψηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Η υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιήθηκε την περίοδο της πετρελαϊκής κρίσης με στόχο κυρίως την εξοικονόμηση ενέργειας και είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η εξοικονόμηση αυτή οφείλεται:

- α) Τα αέρια βγαίνουν από το σωλήνα σε θερμοκρασία κατώτερη από ότι στους συνηθισμένους καυστήρες. Η αποδοτικότητα της καύσης υπολογίζεται σε 90 %.
- β) Η χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα του θερμοκηπίου εξασφαλίζει χαμηλότερη θερμοκρασιακή διαφορά του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα και επομένως λιγότερες θερμικές απώλειες του θερμοκηπίου.
- γ) Μειώνεται και η στρωμάτωση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο, με αποτέλεσμα πάλι λιγότερες θερμικές απώλειες με επαγωγή στο κάλυμα και μειωμένες διαφυγές αέρα.
- δ) Παρουσιάζει μείωση κατά 75% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκει σε σχέση με την παραδοσιακή θέρμανη, διότι ο μόνος κινητήρας που απαιτείται είναι αυτός για την έξοδο των αερίων καύσης.

Αερόθερμα

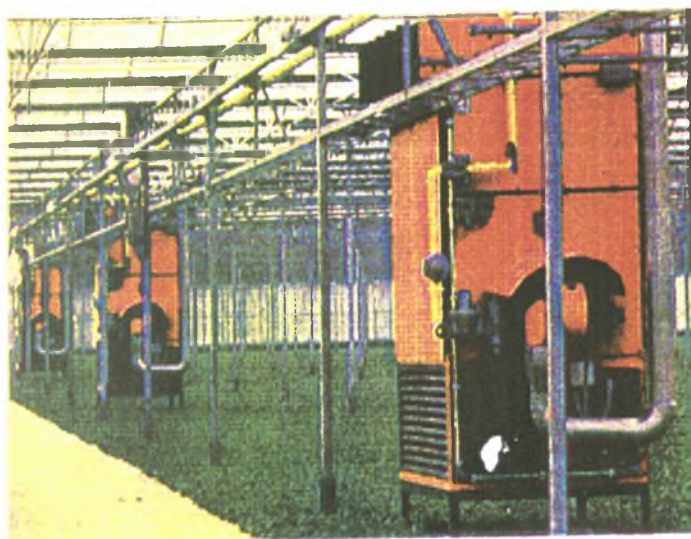
Η θέρμανση με αερόθερμα χρησιμοποιείται πολύ στο θερμοκήπιο, διότι η αρχική εγκατάσταση στοιχίζει φθηνότερα από ότι στη θέρμανση με ζεστό νερό. Έχει υψηλή αποδοτικότητα, αυτοματοποιείται εύκολα και δεν παρουσιάζει

αδράνεια στην αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου. Σε πολύ μικρό χρόνο από τότε που ο θερμοστάτης θα δώσει την εντολή στο αερόθερμο να λειτουργήσει, θερμαίνεται ο αέρας του θερμοκηπίου.. Η χρονική αυτή διάρκεια στα κεντρικά συστήματα θέρμανσης που χρησιμοποιούν ζεστό νερό για την μεταφορά της θερμότητας, είναι αρκετά μεγάλη.

Μειονέκτημα των συστημάτων θέρμανσης με αερόθερμα είναι ότι σε ψυχρά κλίματα δεν θερμαίνεται ικανοποιητικά το έδαφος. Με γνώμονα την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται, τα αερόθερμα μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω ομάδες:

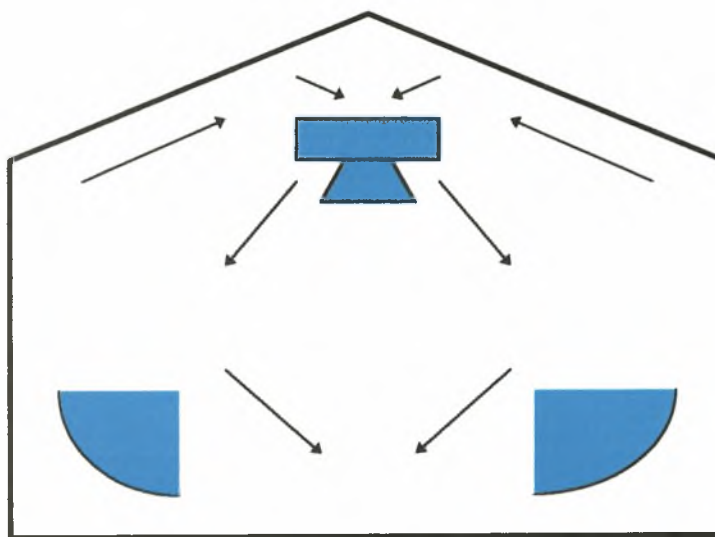
- α) Ηλεκτρικά αερόθερμα
- β) Αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού
- γ) Αερόθερμα πετρελαίου, αερίου ή στερεών καύσιμων

Στην αγορά κυκλοφορούν αερόθερμα για κατακόρυφη ή οριζόντια μετακίνηση του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο.



Εικόνα 2. Θέρμανση θερμοκηπίου με αερόθερμα.

Τα κατακόρυφης μετακίνησης, που κυρίως είναι αερόθερμα ατμού ή ζεστού νερού, προωθούν τον αέρα του θερμοκηπίου από επάνω προς τα κάτω. Συνήθως κατασκευάζονται σε τέτοιο μέγεθος που να καλύπτουν απόσταση ίση με το πλάτος της κατασκευαστικής μονάδας του θερμοκηπίου. Παρουσιάζουν σχετική ανομοιομορφία θέρμανσης του χώρου και καμιά φορά συμβαίνει να στεγνώνει περισσότερο το έδαφος ακριβώς κάτω από τα αερόθερμα, με αποτέλεσμα ανομοιομορφία στην ανάπτυξη των φυτών. Στις περισσότερες περιπτώσεις σήμερα χρησιμοποιούνται οριζόντια αερόθερμα η εγκατάσταση των οποίων έχει και χαμηλότερο κόστος.



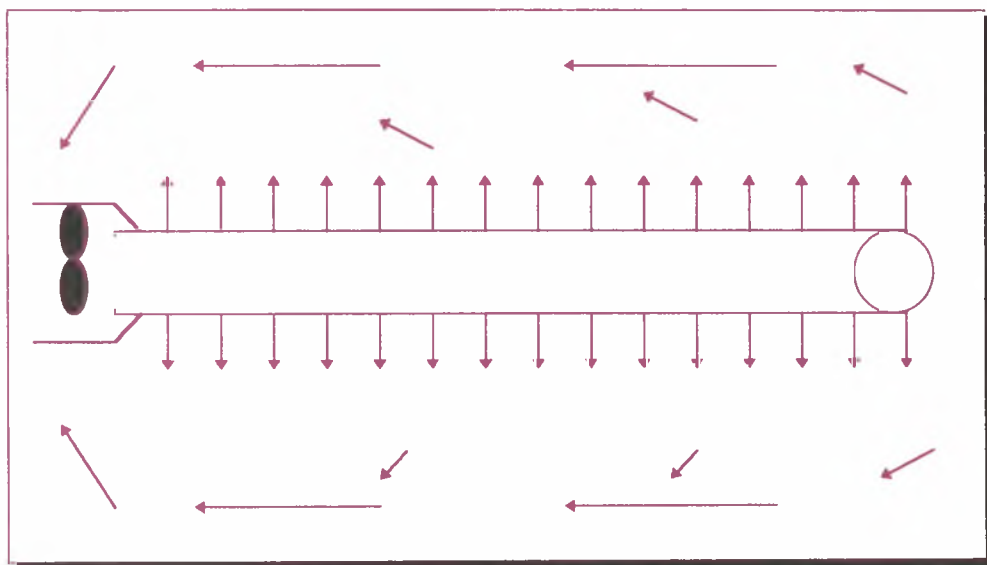
Σχήμα 13. Αερόθερμο με κατακόρυφη παροχή θερμού αέρα.

Σε όλα τα αερόθερμα που έχουν θάλαμο καύσης, το καύσιμο καίγεται με ταυτόχρονη κατανάλωση οξυγόνου. Σε ένα καλά κλεισμένο θερμοκήπιο, δεν είναι σπάνιο να καταναλωθεί όλο το O_2 του χώρου με αποτέλεσμα το σβήσιμο του

καυστήρα και το πάγωμα του θερμοκηπίου. Είναι επίσης σύνηθες σε κλειστό θερμοκήπιο η συγκεντρωση του O_2 να μειωθεί σημαντικά και να γίνεται ατελής καύση, με αποτέλεσμα σπατάλη καυσίμου. Σε μια σωστή εγκατάσταση αεροθέρμου ο αέρας της καύσης προέρχεται από τον εξωτερικό χώρο.

3.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Για την κατανομή της θερμότητας στο θερμοκήπιο, τοποθετείται στην έξοδο του αεροθέρμου ένας λεπτός διαφανής σωλήνας πολυαιθυλενίου, κλειστός στο άλλο άκρο του, με στρογγυλές τρύπες, διαμέτρου 5 - 7 cm σε όλο το μήκος του, οι οποίες ανοίγονται κατά ζεύγη. Ο ζεστός αέρας από το αερόθερμο βγαίνει από τις τρύπες με μεγάλη ταχύτητα και ανακατεύεται γρήγορα με τον γύρω αέρα. Οι σωλήνες μπορεί να βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους ή να κρέμονται από την οροφή πάνω από το ύψος των φυτών.



Σχήμα 14. Κατανομή του αέρα μέσα σ' ένα θερμοκήπιο από διάτρητο σωλήνα με οπές ίσης διαμέτρου, σε ίσες αποστάσεις μεταξύ τους.

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται στα μεγάλης έκτασης θερμοκήπια (στα μικρής έκτασης, ο ζεστός αέρας του αεροθέρμου διαχέεται στον χώρο του θερμοκηπίου απευθείας από την έξοδο του), εξασφαλίζοντας ομοιόμορφη

κατανομή της θερμότητας από την μία άκρη του θερμοκηπίου στην άλλη. Στα πλευρικά τοιχώματα, τοποθετούνται μια ή δύο γραμμές σωλήνων ζεστού νερού, που εξισορροπούν τις εκεί απώλειες, οι οποίες στα ψυχρά κλίματα είναι σημαντικές.

Οι σωλήνες κατανομής του θερμού αέρα μέσα στο θερμοκήπιο που τοποθετούνται στο επίπεδο του εδάφους, σε ίσες αποστάσεις κατά μήκος του θερμοκηπίου, έχουν διάμετρο 15 -20 cm και οι οπές εξόδου του θερμού αέρα ανοίγονται σε ίσα διαστήματα ανά 15 - 60 cm. Η δυσκολία ομοιόμορφης κατανομής της θερμότητας σε όλο το χώρο του θερμοκηπίου, ιδίως σε μεγάλα θερμοκήπια, είναι το σημαντικότερο μειονέκτημα του συστήματος αυτού. Επιπλέον ο θερμός αέρας που εξέρχεται από τις οπές πέφτει κατευθείαν πάνω στα φυτά που βρίσκονται κοντά, πριν προλάβει να αναμιχθεί με τον κρύο αέρα και προκαλεί ζημιές. Σε θερμοκήπια με μήκος μικρότερο από 18m, η κατανομή μπορεί να γίνει από την μία άκρη, αλλά σε μεγαλύτερα γίνεται από το μέσο του θερμοκηπίου προς τις δύο άκρες.

Οι πλαστικοί, διαφανείς, διάτρητοι σωλήνες που τοποθετούνται κατά μήκος του επάνω μέρους του θερμοκηπίου, συγκεντρώνουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Αν το θερμοκήπιο έχει πλάτος μικρότερο από 9m τοποθετείται ένας μόνο σωλήνας κατά μήκος του κέντρου του θερμοκηπίου, ενώ σε θερμοκήπια μεγαλύτερου πλάτους χρησιμοποιούνται παραπάνω σωλήνες. Όταν δεν υπάρχει ανάγκη για θέρμανση λειτουργεί μόνο ο ανεμιστήρας, κυκλοφορώντας τον αέρα του θερμοκηπίου (αποφυγή στρωμάτωσης) με αποτέλεσμα πιο ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας και μείωση της σχετικής υγρασίας και των ασθενειών από συμπυκνώσεις στην επιφάνεια των φύλλων. Επίσης επιτυγχάνεται και αναπλήρωση του CO₂ στο χώρο γύρω από τα φύλλα.

ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Στα περισσότερα, όχι μεγάλης έκτασης θερμοκήπια, η θέρμανση γίνεται με θερμό νερό που παράγεται από λέβητα ζεστού νερού. Στα μεγάλης έκτασης θερμοκήπια προτιμάται ο λέβητας παραγωγής ατμού. Ο λέβητας τοποθετείται σε μόνιμη θέση, μέσα ή έξω από το θερμοκήπιο και το θερμό νερό ή ο ατμός οδηγείται στο θερμοκήπιο με σωληνώσεις. Με το σύστημα αυτό θερμαίνεται ικανοποιητικά και το έδαφος και ο αέρας του θερμοκηπίου, έχει όμως μεγάλη αδράνεια, δηλαδή από την στιγμή που θα δεχθεί την εντολή να θερμάνει τον χώρο ή να σταματήσει την θέρμανση, μέχρι αυτό να πραγματοποιηθεί, μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Είναι το καταλληλότερο σύστημα για υαλόφρακτα θερμοκήπια μεγάλης έκτασης.

Για να αποφεύγονται οι απώλειες ενέργειας από τα τοιχώματα του λέβητα και τους σωλήνες μεταφοράς, ο λέβητας τοποθετείται στον χώρο εργασίας ή μέσα στο θερμοκήπιο. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει το πρόβλημα της πρόωρης φθοράς του από διάβρωση, λόγω της υγρασίας και της σκόνης που υπάρχουν μέσα στο θερμοκήπιο.

Οι λέβητες ατμού πλεονεκτούν σε σύγκριση με τους λέβητες νερού, αφού είναι πιο αποδοτικοί και έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής. Επίσης ο ατμός, εκτός από την θέρμανση του θερμοκηπίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην απολύμανση του εδάφους και των εδαφικών μειγμάτων. Οποσδήποτε όμως είναι πιο ακριβοί από τους καυστήρες θερμού νερού και απαιτούν συντήρηση από ειδικευμένο άτομο.

Η επιλογή του καταλληλότερου καυσίμου, που μπορεί να είναι στερεό (π.χ. γαιάνθρακες), υγρό (π.χ μαζούτ) ή αέριο (π.χ υγραέριο) εξαρτάται από την διαθεσιμότητα του σε μια περιοχή, την τιμή κτήσης του και την μόλυνση που προκαλεί στο περιβάλλον.

Σωληνώσεις θερμού νερού

Στην περίπτωση αυτή το νερό θερμαίνεται από ένα καυστήρα και προωθείται με κυκλοφορητή στις σωληνώσεις μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου ή θερμαίνεται σε ένα μεταλλάκτη ατμού - νερού και προωθείται με κυκλοφορητή στις σωληνώσεις. Ο αριθμός των σωλήνων προσδιορίζεται από τις απαιτούμενες θερμίδες και την απόδοση των σωλήνων.

Όταν δεν υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του θερμοκηπίου, το νερό κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις με τον κυκλοφορητή χωρίς να διέρχεται από τον καυστήρα ή τον μεταλλάκτη. Όταν όμως απαιτείται θερμότητα, ο θερμοστάτης ανοίγει μια τρίοδο βαλβίδα για να περάσει το νερό των σωληνώσεων από τον καυστήρα ή τον μεταλλάκτη όπου θερμαίνεται πριν ξανακυκλοφορήσει στις σωληνώσεις θέρμανσης.

Η θέση τοποθέτησης των σωληνώσεων διανομής είναι πολύ σημαντική για την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας μέσα στο θερμοκήπιο. Οι περισσότεροι σωλήνες θα πρέπει να κατευθύνονται παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών. Οι κεντρικές σωληνώσεις που φέρνουν το νερό από το λέβητα και οι σωληνώσεις επιστροφής που μαζεύουν το νερό και το οδηγούν στον καυστήρα, τοποθετούνται στην περιφέρεια του θερμοκηπίου.

Οι μισές ή το 1/3 των σωληνώσεων τοποθετούνται στο εσωτερικό, στην οροφή του θερμοκηπίου ή ένα μέρος στην οροφή και το άλλο χαμηλά μεταξύ των φυτών. Οι σωλήνες πρέπει να βρίσκονται 15 - 30cm πάνω από τα φυτά και 30cm κάτω από το κάλυμμα της οροφής. Οι σωλήνες συνδέονται μεταξύ τους στις σειρές συνήθως με το σύστημα του ορθογωνίου, με το οποίο μειώνονται οι αντιστάσεις στην κυκλοφορία του ζεστού νερού. Οι σωλήνες οροφής μπαίνουν σε διάταξη τρομπονίου, όμως μπαίνουν δύο τρομπόνια για να μειωθούν οι αντιστάσεις. Ο τύπος του θερμοκηπίου και η καλλιέργεια καθορίζουν την θέση των σωλήνων θέρμανσης.

- Όταν το θερμοκήπιο έχει μικρό πλάτος κατασκευαστικού στοιχείου και προσανατολισμό Β - Ν οι σωληνώσεις θέρμανσης τοποθετούνται κατά μήκος των στύλων, αφήνοντας το έδαφος ελεύθερο για την καλλιέργεια.
- Στα πολύρικτα θερμοκήπια και μάλιστα όταν αυτά βρίσκονται σε περιοχές που συσσωρεύεται αρκετό χιόνι κατά την διάρκεια του χειμώνα, τοποθετούνται μερικοί σωλήνες ψηλά, έτσι ώστε να λιώνει γρήγορα το χιόνι και να προστατεύεται το θερμοκήπιο από τον κίνδυνο κατάρρευσης.
- Όταν οι σωλήνες θέρμανσης τοποθετούνται στην επιφάνεια του εδάφους, επιτυγχάνεται πολύ καλή θέρμανση του εδάφους και του ριζικού συστήματος των φυτών.

Σωληνώσεις ατμού

Στην περίπτωση αυτή παράγεται ατμός από τον καυστήρα και μεταφέρεται στο θερμοκήπιο μέσω των κύριων σωληνώσεων. Μια ηλεκτρική βαλβίδα ρυθμίζει την ροή του ατμού από τις κύριες σωληνώσεις μέσα στις σωλήνες θέρμανσης που διατρέχουν το θερμοκήπιο.

Αυτό το σύστημα θέρμανσης συγκεντρώνει αρκετά μειονεκτήματα (καψίματα στα φυτά, απότομη μείωση της θερμοκρασίας στο χώρο του θερμοκηπίου σε περίπτωση διακοπής της λειτουργίας του κ.λ.π). Προτιμάται όμως σε μεγάλα θερμοκήπια, επειδή χρησιμοποιούνται λιγότερες και μικρότερης διαμέτρου σωληνώσεις. Συνηθίζεται πάντως και η εγκατάσταση μεικτών συστημάτων θέρμανσης, γιατί ο καυστήρας ατμού πλεονεκτεί σε αρκετά σημεία από τον καυστήρα ζεστού νερού.

Επειδή ο θερμός αέρας συγκεντρώνεται στην οροφή του θερμοκηπίου που θερμαίνονται με σωληνώσεις θερμού νερού ή ατμού, όπου δημιουργείται κάθετη μεταβολή της θερμοκρασίας $1,5^{\circ}\text{C}$, για κάθε μέτρο ύψους χρησιμοποιούνται στην οροφή ανεμιστήρες κάθετης λειτουργίας, οι οποίοι σπρώχνουν τον θερμό αέρα της οροφής με μια μικρή γωνία προς τα κάτω στα φυτά.

Θερμοστάτης

Η λειτουργία όλων σχεδόν των συστημάτων θέρμανσης ελέγχεται από έναν ή περισσότερους θερμοστάτες. Καθώς η θερμοκρασία του χώρου πέφτει κάτω από ένα καθορισμένο όριο ο θερμοστάτης κλείνει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και ενεργοποιείται η κυκλοφορία του καυσίμου, η ανάφλεξη του, το άνοιγμα των βαλβίδων κυκλοφορίας του ζεστού νερού ή του ατμού ή στην περίπτωση του αεροθέρμου η ανάφλεξη και ο ανεμιστήρας του αεροθέρμου. Μόλις η θερμοκρασία ξεπεράσει το επιθυμητό επίπεδο, ο θερμοστάτης ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα και σταματάει η παραγωγή και η διανομή της θερμότητας.

3.4 ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Εκ κατασκευής το θερμοκήπιο αποτελεί ένα ηλιακό συλλέκτη ο οποίος με τον συνδυασμό της παγίδευσης της ηλιακής ακτινοβολίας και του περιορισμού των ανταλλαγών θερμότητας με συναγωγή οδηγεί σε θερμοκρασιακές ανυψώσεις στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Οι θερμοκρασίες αυτές γίνονται υπερβολικές όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη, όπως συμβαίνει κατά την θερινή περίοδο σε περιοχές όπως η Μαγνησία, και η μείωση της θερμοκρασίας καθίσταται απαραίτητη. Θερμοκήπια που δεν έχουν την δυνατότητα ελέγχου των κλιματικών αυτών συνθηκών κατά την θερινή περίοδο (υψηλή θερμοκρασία συχνά συνδυαζόμενη με ανεπαρκή υγρασία) είτε διακόπτουν την καλλιέργεια είτε συνεχίζουν να παράγουν σε συνθήκες μη ευνοϊκές με τα γνωστά αποτελέσματα (μειωμένη παραγωγή, κακή ποιότητα). Για την μείωση της θερμοκρασίας στα θερμοκήπια χρησιμοποιούνται κατάλληλα συστήματα εξαερισμού, σκίασης και ψύξης με εξάτμιση νερού.

3.4.1 Εξαερισμός

Ο εξαερισμός των θερμοκηπίων επιτυγχάνει όχι μόνο περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας, αλλά και μείωση της σχετικής υγρασίας και της συγκέντρωσης CO₂ και άλλων αερίων. Στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες, και κατ'επέκταση στη Μαγνησία, οι ανάγκες για εξαερισμό είναι μεγάλες από νωρίς την άνοιξη έως αργά το φθινόπωρο. Ένα αποτελεσματικό σύστημα εξαερισμού πρέπει:

- να έχει ικανοποιητική ισχύ, ώστε να μπορεί, αλλάζοντας τον αέρα του θερμοκηπίου, να περιορίζει στο ελάχιστο την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τις θερμινές ώρες της ημέρας

- να δημιουργεί ομοιόμορφες συνθήκες
- να είναι απλό, αξιόπιστο και να διαθέτει αυτοματισμούς
- να έχει χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

Διακρίνουμε δύο τύπους εξαερισμού:

α) Φυσικό ή στατικό, όταν ο αέρας κινείται λόγω των διαφορών πίεσης που δημιουργούνται από τις φυσικές συνθήκες (άνεμοι, διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού - εξωτερικού χώρου και συνδιασμός τους).

β) Δυναμικό, όταν οι διαφορές πίεσης που κινούν τον αέρα δημιουργούνται από ανεμιστήρες.

Φυσικός εξαερισμός

Ο φυσικός εξαερισμός του θερμοκηπίου γίνεται από τα παράθυρα που υπάρχουν στα πλάγια και στην οροφή του, με την διαφορά πίεσης που δημιουργείται:

- από τον άνεμο, αφού ο αέρας μπαίνει από τα παράθυρα της πλευράς με την μεγαλύτερη πίεση και βγαίνει από εκείνα της απέναντι πλευράς που έχει μικρότερη πίεση

- από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εξωτερικού περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου, καθώς ο θερμός αέρας μέσα στο θερμοκήπιο, επειδή είναι ελαφρύς, ανεβαίνει προς τα πάνω και βγαίνει από τα ανοίγματα της οροφής. Έτσι δημιουργείται υποπίεση και από τα πλευρικά ανοίγματα εισέρχεται στο θερμοκήπιο ψυχρός αέρας, ο οποίος επειδή είναι βαρύτερος παραμένει χαμηλά μέχρι να ζεσταθεί, οπότε ανεβαίνει μέχρι την οροφή κ.ο.κ.

Τα ανοίγματα πρέπει να καλύπτουν μια επιφάνεια ίση με το 25 - 30% της επιφάνειας του εδάφους, ώστε ο ρυθμός ανανέωσης του αέρα να είναι ικανοποιητικός. Συνήθως ο φυσικός εξαερισμός γίνεται με παράθυρα στις πλευρές και τα μέτωπα, που ανοιγοκλείουν με χειροκίνητο τρόπο ή και αυτοματοποιημένο. Η έκταση και το γεωμετρικό σχήμα των ανοιγμάτων (παραθύρων) του θερμοκηπίου επηρεάζει σημαντικά την αντίσταση ροής και επομένως τον ρυθμό εξαερισμού. Τα παράθυρα της υπήνεμης πλευράς, που βρίσκονται σε αρνητική πίεση σε σχέση με την βαρομετρική, είναι ασφαλέστερο να ανοίγουν πρώτα.

Αν το θερμοκήπιο είναι στενόμακρο, με πλάτος έως 10m ο εξαερισμός μπορεί να γίνεται μόνο με πλευρικά ανοίγματα, αν και αυτός δεν επαρκεί πάντα, ιδίως όταν τα καλλιεργούμενα φυτά είναι ψηλά. Τα θερμοκήπια αυτά στοιχίζουν φθηνότερα αλλά εάν το πλάτος τους δεν υπερβαίνει τα 16m δεν εξαερίζονται ικανοποιητικά, ιδιαίτερα σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Αντίθετα, τα θερμοκήπια με ανοίγματα πλευρικά και οροφής στοιχίζουν ακριβότερα, αλλά και έχουν πολύ καλύτερο εξαερισμό από τα προηγούμενα.

Ο καλύτερος τρόπος φυσικού εξαερισμού είναι ο συνδιασμός πλευρικών ανοιγμάτων με παράθυρα οροφής, σε διάφορες διαστάσεις (1,70 X 1,60m έως 2,10 X 2,50m) ή συνεχή, σ'όλο το μήκος του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιούνται συνήθως στα πλαστικά τοξωτά θερμοκήπια και στα γυάλινα.

Τα ανοίγματα λειτουργούν αυτόματα με οδοντωτούς βραχίονες και κινούνται με ηλεκτροκινητήρες, μειωτήρες και άξονες μετάδοσης κίνησης. Όταν ανέβει η

θερμοκρασία, θερμοστάτες χώρου κλείνουν το ηλεκτρικό κύκλωμα ενεργοποιώντας ηλεκτροκινητήρες που ανοίγουν τα παράθυρα. Το μειονέκτημα είναι ότι σύστημα λειτουργεί με βάση μόνο την θερμοκρασία του χώρου, χωρίς να παίρνει υπόψη τους ανέμους. Ένας ισχυρός άνεμος, όμως, μπορεί να προκαλέσει υπερβολική μείωση της θερμοκρασίας ή και προβλήματα στην ίδια την κατασκευή. Καλό είναι λοιπόν εκτός από τον θερμοστάτη να υπάρχει και ανεμόμετρο, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η ταχύτητα του ανέμου.

Η ελάχιστη σχετική επιφάνεια των ανοιγμάτων εξαερισμού σ'ένα θερμοκήπιο εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, καθώς και από το είδος των φυτών που θα καλλιεργηθούν. Το χειμώνα η θερμοκρασία πρέπει να ρυθμίζεται μόνο από τα ανοίγματα ορόφης, ώστε να προφυλλάσσονται τα φυτά από τα ψυχρά ρεύματα. Την άνοιξη και το φθινόπωρο υπολογίζεται ότι στις ελληνικές συνθήκες απαιτούνται 40 -60 αλλαγές του αέρα του θερμοκηπίου την ώρα. Το καλοκαίρι, όμως συχνά δεν επαρκούν τα ανοίγματα για την μείωση της υψηλής θερμοκρασίας, οπότε είναι απαραίτητη η εφαρμογή δυναμικού εξαερισμού, σε συνδιασμό ίσως και με σύστημα δροσισμού (Kittas C, 1986 και C.Kittas et all 1997).

Τα θερμοκηπία φυσικού εξαερισμού μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε και δεν απαιτούν ενέργεια για την λειτουργία τους. Επίσης οποιαδήποτε βλάβη στο σύστημα μπορεί να αντιμετωπιστεί εύκολα από τον ίδιο τον καλλιεργητή. Το μειονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι με την λειτουργία του δεν μπορούν να επιτευχθούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στο χώρο του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα τις ημέρες με άπνοια (η θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική). Ακόμη για να λειτουργήσει σωστά απαιτούνται κατασκευές θερμοκηπίου μεγάλου ύψους και δυνατότητα κατασκευής στεγανών παραθύρων οροφής που να αυτοματοποιούνται εύκολα.

Δυναμικός εξαερισμός

Σε θερμές περιοχές, όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι υψηλή, για να επιτευχθεί μια διαφορά θερμοκρασιών μέσα - έξω 6°C απαιτούνται 60 αλλαγές του αέρα την ώρα. Για να επιτύχουμε τις αλλαγές αυτές όταν επικρατούν πολύ χαμηλές ταχύτητες ανέμου, απαιτούνται συνήθως μηχανικά μέσα ανανέωσης του αέρα.

Με εξαεριστήρες ικανοποιητικής παροχής, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου μπορεί να κρατηθεί $3 - 6^{\circ}\text{C}$ μόνο πάνω από την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα.

Η χρησιμοποίηση όμως του δυναμικού εξαερισμού σε πολλές περιπτώσεις αποδικνύεται αντισυμβατική και επικίνδυνη:

- Σε περιοχές όπου το μεγαλύτερο διάστημα του χρόνου επαρκεί ο παθητικός εξαερισμός η χρήση του δυναμικού εξαερισμού έχει αποτέλεσμα την σπατάλη σημαντικής ποσότητας ενέργειας.
- Σε περιπτώσεις όπου μια ζημιά στο σύστημα δυναμικού εξαερισμού δεν είναι εύκολο να επισκευασθεί σύντομα υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της παραγωγής.

Ο δυναμικός εξαερισμός επιτυγχάνεται με την χρήση ανεμιστήρων που τοποθετούνται στο τοίχωμα του θερμοκηπίου. Οι ανεμιστήρες αναρροφούν και εξάγουν τον εσωτερικό αέρα, ο οποίος αναπληρώνεται με εξωτερικό αέρα που εισέρχεται μέσω ανοιγμάτων που βρίσκονται στην απέναντι πλευρά. Οποσδήποτε ο αέρας που εισέρχεται κατά την διαδρομή του μέσα στο θερμοκήπιο θερμαίνεται και έτσι παρατηρείται μια βαθμιαία άνοδος της θερμοκρασίας από την είσοδο μέχρι τους ανεμιστήρες. Η διαφορά αυτή της θερμοκρασίας μπορεί να μειωθεί με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα, η οποία όμως όταν είναι μεγάλη θα έχει σημαντική επίπτωση στο κόστος λειτουργίας και την αύξηση της δαπάνης.

Ο εξωτερικός αέρας που είναι ζεστός και ξηρός δεν πρέπει να πέφτει κατευθείαν πάνω στα φυτά αλλά να διοχεύεται ομοιόμορφα σ'όλο τον χώρο. Για

να είναι ομοιογενής η κατανομή του αέρα χρησιμοποιούνται συχνά σωλήνες πολυαιθυλενίου, διαφανείς και διάτρητοι, που τοποθετούνται κατά μήκος της οροφής και ξεκινούν από τα σημεία εισόδου του αέρα ενώ το άλλο άκρο τους είναι κλειστό. Έτσι ο αέρας εξέρχεται από τις τρύπες του σωλήνα που υπάρχουν κατά μήκος σε κανονικά διαστήματα. Όταν δεν λειτουργεί το σύστημα ο σωλήνας ξεφουσκώνει και κρέμεται από την οροφή, σκιάζοντας ελάχιστα το εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Στα πολλαπλά δίκρικτα ή τοξωτά θερμοκήπια οι εξαεριστήρες τοποθετούνται στις πλευρές, σε αποστάσεις 6 - 10m μεταξύ τους, ενώ η απέναντι πλευρά με τα παράθυρα δεν πρέπει να απέχει περισσότερο από 40 m. Μια τυπική εγκατάσταση δυναμικού εξαερισμού απαιτεί ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 15 - 50Mj/m² και ισχύ 5 -15 W/m² ανάλογα με τον τύπο του εξαεριστήρα. Οι απαιτήσεις σε εξαερισμό για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, επηρεάζονται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, την μέγιστη ανεκτή θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο και το μέγεθος του θερμοκηπίου. Ο ρυθμός εξαερισμού για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη θερμοκρασία εξαρτάται από την προσπίπτουσα ακτινοβολία, από την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα, την εξατμισοδιαπνοή στο χώρο του θερμοκηπίου και από τα χαρακτηριστικά της κατασκευής.

Ανάλογα με την εποχή του έτους διαφέρει ο ρυθμός και ο τρόπος εξαερισμού. Το χειμώνα, για παράδειγμα, χρειάζεται προσοχή, ώστε ο ψυχρός αέρας, που εισέρχεται στο θερμοκήπιο, να αναμειγνύεται με τον εσωτερικό ζεστότερο αέρα, πριν να έλθει σε επαφή με τα φυτά, για να μην δημιουργηθούν προβλήματα κακής ανάπτυξης. Γι'αυτό αν το θερμοκήπιο διαθέτει μόνο παθητικό σύστημα εξαερισμού πρέπει να λειτουργούν μόνο τα παράθυρα οροφής, ενώ αν έχει δυναμικό σύστημα, η είσοδος του αέρα πρέπει να γίνεται από τα ανοίγματα που βρίσκονται στα υψηλότερα σημεία. Σε περιοχές λοιπόν, όπου απαιτείται εξαερισμός και κάποιες ηλιόλουστες μέρες του χειμώνα, το σύστημα εξαερισμού

πρέπει να έχει την ικανότητα να εισάγει μικρές ποσότητες αέρα, πολύ μικρότερες από την μέγιστη ικανότητα του.

Κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο, οπότε είναι συνεχείς οι εναλλαγές περιόδων με υψηλές θερμοκρασίες και περιόδων με σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, εναλλάσσονται, αντίστοιχα, και οι απαιτήσεις σε εξαερισμό. Το καλοκαίρι επιδιώκεται η μείωση της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται μέσα στο χώρο από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία. Στα παθητικά συστήματα εξαερισμού, αυτήν την εποχή χρησιμοποιούνται και τα πλευρικά και τα παράθυρα οροφής, ενώ στα δυναμικά συστήματα χρησιμοποιείται το συνεχόμενο άνοιγμα που βρίσκεται στην πλευρά απέναντι από τους εξαεριστήρες στο μέσο περίπου του ύψους του θερμοκηπίου. Σε κάθε περίπτωση, η ταχύτητα του αέρα στην κόμη των φυτών δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλή, γιατί μπορεί να προκαλέσει έντονη διαπνοή, με αποτέλεσμα πρόσκαιρη μάρανση, πρέπει όμως ο αέρας να μπορεί να μετακινείται μέσα από τα φυτά για να μπορεί να τα ψύχει.

Τα θερμοκήπια με δυναμικό εξαερισμό παρέχουν ικανοποιητική ανανέωση του αέρα στο χώρο του θερμοκηπίου, ακόμη και σε περιπτώσεις άπνοιας, και είναι η μόνη λύση σε θερμοκήπια όπου είναι τεχνικά και οικονομικά δύσκολη η κατασκευή σωστού συστήματος παθητικού εξαερισμού.



Εικόνα 3. Δυναμικός εξαερισμός θερμοκηπίου.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι επίσης το γεγονός ότι με μικρές προσθήκες μπορεί να λειτουργήσει σύστημα δροσισμού, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του χώρου να μπορεί να μειωθεί σε επίπεδα χαμηλότερα της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα. Βασικό μειονέκτημα του η κατανάλωση ενέργειας κυρίως την περίοδο του καλοκαιριού.

3.4.2 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Στις ελληνικές συνθήκες κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, η θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο ανεβαίνει σε πολύ υψηλά επίπεδα, προκαλώντας ζημιές στα φυτά, ακόμη και αν εφαρμόζεται δυναμικός εξαερισμός. Μάλιστα αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ανέβει πάνω από τους 30°C η θερμοκρασία στο εσωτερικό δεν μπορεί να πέσει κάτω από τους 35°C παρά μόνο με σύστημα δροσισμού.

Επειδή οι συνηθισμένοι ψυκτικοί μηχανισμοί είναι αντιοικονομικοί ή ακατάλληλοι, για μείωση της θερμοκρασίας στα θερμοκήπια, καταφεύγουμε στην εξάτμιση νερού, εφαρμόζοντας:

- συχνό πότισμα,
- διαβροχή των φυτών και των διαδρόμων,
- εκτόξευση νερού σε λεπτές σταγόνες (ομίχλη - υδρονέφωση),
- διοχέτευση του θερμού αέρα του περιβάλλοντος διαμέσου υγρών διαπερατών πετασμάτων.

Η εξάτμιση συνδιάζεται με την εφαρμογή δυναμικού εξαερισμού για απομάκρυνση της περιττής υγρασίας. Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν τα υγρά πετάσματα (fan and pad system) και τα συστήματα ομίχλης (fog) ή υδρονέφωσης (mist).

Σύστημα ομίχλης ή υδρονέφωσης (*fog-system*)

Στο χώρο του θερμοκήπιου πάνω από τα φυτά, από ειδικούς εκτοξευτές (μπεκ) εκοξεύονται πολύ λεπτές σταγόνες νερού, οι οποίες εξατμίζονται, απορροφώντας θερμότητα και μειώνοντας την θερμοκρασία. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται σύστημα αντλιών και σωλήνων με ακροφύσια, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στο ύψος των παραθύρων. Το νερό δεν πρέπει να έχει άλατα, γιατί προκαλεί τοξικότητες στα φυτά, φράξιμο στα μπεκ και καταστροφή των σωληνών. Ο έλεγχος του συστήματος γίνεται από θερμοστάτες και υγραστάτες.

Η υψηλή πίεση δημιουργεί πολύ λεπτές σταγόνες (διαμέτρου $< 30\mu$), οι οποίες εξατμίζονται αμέσως μειώνοντας την θερμοκρασία κατά $5 - 14^{\circ}\text{C}$ (σύστημα ομίχλης), δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα από την χαμηλή πίεση.



Εικόνα 4. Σύστημα ομίχλης.

Στην χώρα μας χρησιμοποιείται ένα απλό σύστημα ψεκασμού με μπεκ τοποθετημένα στην οροφή του θερμοκηπίου. Το σύστημα αυτό, το οποίο λειτουργεί και σαν σύστημα άρδευσης, χρησιμοποιείται κυρίως σε καλλιέργειες γλαστρικών φυτών, αλλά και κομμένων λουλουδιών. Αν μαζί με τους εκτοξευτήρες χρησιμοποιηθούν και ανεμιστήρες, επιτυγχάνεται ένα αποτελεσματικό σύστημα δροσισμού πολύ οικονομικότερο από τα υγρά πετάσματα.

Σύστημα υγρών πετασμάτων (Cooling-system)

Η εφαρμογή του συστήματος των υγρών πετασμάτων συνίσταται σε περιοχές και περιόδους με υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή υγρασία. Απαιτεί αρκετό διαθέσιμο νερό και ηλεκτρική ενέργεια, αρκετά ξηρό εξωτερικό περιβάλλον και φυσικά καλλιέργεια που να δικαιολογεί την σχετική δαπάνη. Όσο πιο χαμηλή είναι η σχετική υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος και όσο πιο υψηλή του εσωτερικού χώρου τόσο πιο αποτελεσματικό είναι το σύστημα.

Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με υποπίεση ή αρνητική πίεση και με υπερπίεση ή θετική πίεση. Το πέτασμα διαθέτει φίλτρο πάχους 5- 15cm φτιαγμένο από ένα στρώμα υλικού με μεγάλη επιφάνεια εξάτμισης, όπως είναι οι κυψέλες από πεπιεσμένο χαρτί ή πλαστικό, η διογκωμένη άργιλος, συνθετικά νήματα κ.λ.π. Η τοποθέτηση του γίνεται κατά κανόνα κάθετα, 60cm πάνω από το έδαφος.

Η χρησιμοποίηση συστήματος δροσισμού με υγρό διαπερατό πέτασμα, αντί για απλό δυναμικό εξαερισμό του θερμοκηπίου, συνεπάγεται πολύ υψηλότερο κόστος εγκατάστασης, καθώς και σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Πάντως, τα αποτελέσματα είναι καλύτερα, ιδίως στις νοτιότερες περιοχές.

3.4.3 Σκίαση

Τα συστήματα σκίασης εκτός από την μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας συμβάλλουν σημαντικά και στην μείωση της θερμοκρασίας μέσα στο θερμοκήπιο. Σηνήθως χρησιμοποιούνται σύνθετα συστήματα, που το χειμώνα μπορούν να παίξουν και το ρόλο της θερμοκουρτίνας, συγκρατώντας θερμική ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι όμως η ηλιακή ενέργεια μπαίνει στο θερμοκήπιο γι'αυτό η θερμοκρασία δεν μειώνεται σημαντικά.

Τα υλικά σκίασης κατασκευάζονται σηνύθως από PE, EVA, πολυεστέρες ακρυλικά ή μείγματα αυτών κ.λ.π. είναι χρωματισμένα ή όχι και έχουν μορφή υφασμένου ή μη υφασμένου υλικού. Τα περισσότερα απορροφούν αντί να ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία, δεν είναι εκλεκτικά αλλά χρωματισμένα και δεν ρυθμίζεται το ποσοστό σκίασης. Επίσης είναι λιγότερο διαπερατά στην διάχυτη ακτινοβολία παρά στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Με τον τρόπο που είναι φτιαγμένα τα περισσότερα θερμοκήπια στην χώρα μας είναι δύσκολο η διαδικασία της σκίασης να αυτοματοποιηθεί και γενικά να γίνουν επενδύσεις σε ακριβά υλικά σκίασης. Μια καλή λύση δίνουν τα σκίαστρα που κατασκευάζονται από ένα διαφανές φύλλο πολυεστέρα που καλύπτεται, σε ταινίες, από μια ουσία που ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι δημιουργούνται υλικά με διάφορα ποσοστά σκίασης, τα οποία ανακλούν ένα μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.



Εικόνα 5. Προοδευτική σκίαση θερμοκηπίου



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

6.1 Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές στα συστήματα ελέγχου κλίματος.

Στον χώρο των θερμοκηπίων η είσοδος της ηλεκτρονικής έγινε πολύ νωρίτερα από κάθε άλλο κλάδο της γεωγίας. Έτσι στις θερμοκηπικές εγκαταστάσεις οι παραγωγοί έχουν την δυνατότητα, με την βοήθεια ειδικών μηχανισμών, να επεμβαίνουν στους παράγοντες που συνθέτουν το κλίμα του θερμοκηπίου και να δημιουργούν κλιματολογικές συνθήκες διαφορετικές από το εξωτερικό περιβάλλον, και μάλιστα τις βέλτιστες για την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών.

Σήμερα η εκτίμηση και η ρύθμιση των παραγόντων αυτών γίνεται αποκλειστικά από ηλεκτρονικούς υπολογιστές ελέγχου μικροκλίματος. Και αυτό γιατί οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έχουν την δυνατότητα να υπολογίζουν σωστά τις υπάρχουσες κλιματικές συνθήκες μέσα στο θερμοκηπίο και συνεκτιμώντας πολλούς παράγοντες μπορούν να πετύχουν το καλύτερο αποτέλεσμα για την καλλιέργεια, χωρίς σπατάλη ενέργειας.

Απαραίτητα προϋπόθεση για την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος είναι να προσφέρονται για αυτομάτοποίηση, τόσο το θερμοκήπιο όσο και τα διάφορα υποσυστήματα του (δηλαδή συστήματα θέρμανσης, αερισμού, άρδευσης, λίπανσης, ψύξης κ.λ.π).

Αρχικά απλοί θερμοστάτες και υγροστάτες έδιναν εντολές στις συσκευές και ρύθμιζαν τις συνθήκες περιβάλλοντος , με μεγάλες αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές, ακόμα μέχρι και 30%. Στην συνέχεια αναπτύχθηκαν πιο σύνθετα

συστήματα που μπορούν να χρησιμοποιούν διαφορικό σημείο ρύθμισης (set point) αλλά και αυτά δρουν μηχανιστικά. Τελευταία αναπτύσσονται πολυσύνθετα κέντρα ελέγχου, τα οποία αντισταθμίζουν τα μειονεκτήματα όλων των προηγούμενων.

Επειδή οι παράγοντες του περιβάλλοντος στο χώρο του θερμοκηπίου επηρεάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τη φυσική κατάσταση που επικρατεί εκτός θερμοκηπίου (θερμοκρασία, υγρασία, φως κ.λ.π), οι τιμές των παραγόντων του περιβάλλοντος που επιδρούν στην ανάπτυξη των φυτών δεν είναι σταθερές αλλά μεταβάλλονται συνεχώς.

Η ρύθμιση επομένως ενός από τους παράγοντες ανάπτυξης στο χώρο του θερμοκηπίου στο βέλτιστο επίπεδο (με βάση το οικονομικό αποτέλεσμα), δεν μπορεί να είναι στατική αλλά δυναμική. Η αυτόματη ρύθμιση του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου αποσκοπεί στη δημιουργία του καλύτερου δυνατού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών αλλά και στη μείωση του κόστους παραγωγής.

6.2 Σύστημα ολοκληρωμένης διαχείρισης θερμοκηπίου, με πλήρες σύστημα ελέγχου κλίματος.

Ένα τέτοιο σύστημα Η/Υ κλίματος ελέγχει και ρυθμίζει το σύνολο των διαφόρων συστημάτων θερμοκηπίου, ελέγχοντάς όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το κλίμα. Τα συστήματα που ελέγχει είναι:

- 1.** Σύστημα βασικής θέρμανσης
- 2.** Σύστημα συμπληρωματικής θέρμανσης.
- 3.** Σύστημα εξαερισμού παραθύρων.
- 4.** Σύστημα θερμοκουρτίνων.
- 5.** Σύστημα συσκότισης.
- 6.** Σύστημα τεχνητού φωτισμού.

7. Σύστημα επλουτισμού CO₂

8. Σύστημα άρδευσης.

9. Σύστημα ανεμιστήρων ανακυκλοφορίας.

10. Σύστημα τενητής ομίχλης.

Τα παραπάνω αναφερόμενα συστήματα ελέγχονται όχι ανεξάρτητα, αλλά σε αυστηρό συνδιασμό μεταξύ τους, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται με απόλυτη ακρίβεια οι απαραίτητες κλιματολογικές συνθήκες στον χώρο της θερμοκηπικής μονάδας.

Ένας πλήρης μετεωρολογικός σταθμός με αισθητήρια εξωτερικών συνθηκών (ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, ανίχνευσης βροχής, ηλιακής και θερμικής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας, υγρασίας) είναι συνδεδεμένες με τον Η/Υ κλίματος υποστηρίζοντας το σύστημα, δίνοντας συνεχώς στοιχεία των εξωτερικών συνθηκών. Στο εσωτερικό του θερμοκηπίου υπάρχουν ανάλογοι αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας, CO₂ , ακτινοβολίας) οι οποίοι είναι επίσης συνδεδεμένοι με την κεντρική μονάδα. Το σύστημα εξετάζοντας και αναλύοντας τα στοιχεία προχωράει στις απαραίτητες ενέργειες για την αποφυγή ζημιών (π.χ με την εμφάνιση ισχυρού ανέμου κλείνουν τα παράθυρα) αλλά και για την διατήρηση των συνθηκών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου στα επιθυμητά επίπεδα (π.χ με την ελάτωση της εξωτερικής θερμοκρασίας, τότε έγκαιρα πριν ελλάτωθεί η εσωτερική θερμοκρασία θα πρέπει να κλείσουν τα παράθυρα να ενεργοποιηθεί το σύστημα θέρμανσης, να τραβηχτούν οι θερμοκουρτίνες)

Οι διάφορες παράμετροι και μετρήσεις αποθηκεύονται στην μνήμη του υπολογιστή και μπορούν να εμφανιστούν με την μορφή πινάκων και διαγραμμάτων έτσι ώστε ο παραγωγός συγκρινοντάς και αξιολογώντας τις διάφορες παραμέτρους να βγάζει συμπεράσματα για την επίδραση τους στην καλλιέργεια. Η αξία των καταγραφών είναι προφανής. Παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη, αφού μελετήσει τα αποτελέσματα μιας καλλιεργητικής περιόδου, να

αλλάζει τις παραμέτρους λειτουργίας. Η συνεχής καταγραφή των συνθηκών του χώρου, παρέχει την δυνατότητα διορθωτικών κινήσεων με σκοπό την βελτιστοποίηση της παραγωγής.

Ένα σύστημα αυτοματισμού στο θερμοκήπιο, για να δημιουργήσει ένα θετικό οικονομικό αποτέλεσμα θα πρέπει πλην των άλλων, να εξοικονομεί όσο το δυνατόν περισσότερη ενέργεια. Τελικά η εξοικονόμηση ενέργειας στο θερμοκήπιο μ' αυτά τα συστήματα πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

α) Με την μείωση των απώλειων ενέργειας από τον χώρο του θερμοκηπίου, μέσω της εξελεγμένης ρύθμισης και

β) Με την αύξηση της παραγωγής των προϊόντων του θερμοκηπίου ανά μονάδα καταναλισκόμενης ενέργειας λόγω καλύτερου περιβάλλοντος.



Εικόνα 6: Σύστημα αυτοματισμού.

6.3 Πλεονεκτήματα των συστημάτων ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα συστήματα ελέγχου κλιματολογικών συνθηκών και η συμβολή τους στην ολοκληρωμένη διαχείριση των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων είναι:

- Συνεχής έλεγχος του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, ανεξάρτητα από την παρουσία του παραγωγού. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα φτιαγμένα, ώστε να έχουν την ικανότητα να συλλέγουν και να εκτιμούν τα υπάρχοντα κλιματικά δεδομένα και να επεμβαίνουν στους παράγοντες εκείνους που πρέπει να διορθωθούν, με αποτέλεσμα η μονάδα να μπορεί να λειτουργήσει με το ελάχιστο προσωπικό.
- Σωστός έλεγχος και διόρθωση των παραγόντων που συνθέτουν το μικροκλίμα του θερμοκηπίου. Ένας σωστός προγραμματισμός του υπολογιστή ελέγχου των κλιματολογικών συνθηκών εξασφαλίζει και την καλύτερη διαχείριση του θερμοκηπίου. Ο υπολογιστής μπορεί να λαμβάνει υπόψην του όλες τις παραμέτρους που του έχουν δοθεί και εκτιμώντας τις ενδείξεις άλλων οργάνων που είναι συνδεδεμένα στο σύστημα, να επεμβαίνει ανάλογα (άνοιγμα - κλείσιμο παραθύρων, θέρμανση, δροσισμός κ.λ.π) εξασφαλίζοντας κάθε φορά στο εσωτερικό του θερμοκηπίου τις συνθήκες εκείνες τις οποίες εμείς επιλέξαμε και θεωρούνται οι βέλτιστες για την συγκεκριμένη καλλιέργεια. Ο κάθε παράγοντας δεν εξετάζεται και διορθώνεται μεμονωμένα αλλά σε σχέση πάντα με τους υπόλοιπους μια που η αλληλεπίδραση των παραγόντων είναι δεδομένη στην σύνθεση του μικροκλίματος του θερμοκηπίου.
- Προστασία του θερμοκηπίου: τα συστήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με συναργεμούς. Σε περιπτώσεις λάθους ή απόκλισης, ο παραγωγός μπορεί να επέμβει ώστε να αποφευχθούν τυχόν ζημιές. Ο υπολογιστής είναι σε θέση να

αντιδράσει και μόνος του κατά τον καλύτερο τρόπο αποτρέποντας καταστροφές στην καλλιέργεια ή στον χώρο του θερμοκηπίου.

- Μείωση του κόστους παραγωγής και αύξηση του κέρδους του παραγωγού, αφού η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων οδηγεί στην μείωση του χρόνου εποπτείας του θερμοκηπίου, στην αποφυγή ζημιών, στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και στην παραγωγή καλύτερης ποιότητας και μεγαλύτερης ποσότητας προϊόντων.

6.4 Χρήση ήπιων μορφών ενέργειας

Η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια από τα θερμικά απόβλητα, η βιομάζα μπορούν να αξιοποιηθούν στην θέρμανση θερμοκηπίων, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας, στην μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος και στον περιορισμό της εξάρτησης από το (εισαγόμενο) πετρέλαιο. Στην πράξη εκτεταμένη εφαρμογή στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες έχουν βρει η ηλιακή ενέργεια, για θέρμανση και για απολύμανση του εδάφους, καθώς και η βιομάζα και η γεωθερμία για θέρμανση.

ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Το θερμοκήπιο εκ κατασκευής αποτελεί ένα παθητικό σύστημα συλλογής ηλιακής ενέργειας. Μάλιστα, αυτή που δέχεται στο εσωτερικό του κατά την διάρκεια της ημέρας, για το μεγαλύτερο διάστημα του έτους, είναι μεγαλύτερη από εκείνη που απαιτείται για να αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο του την ίδια περίοδο. Μερικές όμως ημέρες του χειμώνα όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι σημαντικά χαμηλότερη από την επιθυμητή θερμοκρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στο εσωτερικό του θερμοκηπίου δεν αρκεί για να καλύψει πλήρως τις απώλειες. Έτσι πρέπει να προστεθεί μια ποσότητα θερμότητας ώστε να διατηρηθεί η επιθυμητή

θερμοκρασία. Κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια, πρέπει να εξεταστεί τόσο το αρχικό κόστος εγκατάστασης του συστήματος όσο και το κόστος συντήρησης του. Τις τελευταίες δεκαετίες έγιναν πολλές προσπάθειες από ερευνητές για την μελέτη της δυνατότητας αξιοποίησής της ηλιακής ενέργειας στην θέρμανση των θερμοκηπίων. Τα μόνα που βρήκαν πρακτική εφαρμογή (ορισμένες μονάδες της Μαγνησίας τα έχουν υιοθετήσει) είναι το παθητικό ηλιακό σύστημα με τις σωληνώσεις νερού και το σύστημα ψεκασμού νερού στη στέγη του θερμοκηπίου. Κατά συνέπεια οι περισσότερες έρευνες σήμερα έχουν στραφεί στην βελτίωση της απόδοσης του παθητικού ηλιακού συστήματος και στην συμπεριφορά των καλλιεργειών στο σύστημα αυτό.

Τα ηλιακά συστήματα που αναπτύχθηκαν διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα αν το θερμαινόμενο νερό ή αέρας κινούνται με ένα ανεμιστήρα ή με μια αντλία (ενεργητικά συστήματα) ή με φυσικό τρόπο (παθητικά συστήματα). Ως πλεονέκτημα των ενεργειακών συστημάτων μπορούν να αναφερθούν η μεγάλη απόδοση, ο ακριβής έλεγχος, ενώ μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος και η ανάγκη ύπαρξης ηλεκτρικού ρεύματος. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα λειτουργούν με φυσικό τρόπο, παρέχουν ενέργεια χωρίς βοηθητική πηγή, είναι απλά και οικονομικά..



Εικόνα 7. Παθητικό ηλιακό σύστημα σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια

Τα σοβαρότερα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι η έλλειψη ελέγχου και η δυσκολία ενσωμάτωσης τους στην αρχιτεκτονική των θερμοκηπίων. Από έρευνες που έγιναν για την περιοχή της Θεσσαλονίκης βρέθηκε ότι η ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται και αξιοποιείται, για την περίοδο Οκτωβρίου - Μαΐου, σε ένα στρέμμα θερμοκηπίου ισοδυναμεί με 16000 - 18000 λίτρα πετρελαίου και ότι από την ηλιακή ενέργεια που πέφτει στο θερμοκήπιο το 18 - 19% δεσμεύεται (Grafiadellis et al., 1990).

Βιομάζα

Η ενέργεια που χάνεται με τα φυτικά και ζωικά υπολείματα ή απόβλητα μπορεί να αξιοποιηθεί, με την εφαρμογή της κατάλληλης τεχνολογίας. Η βιομάζα όπως λέγεται το σύνολο αυτό των οργανικών υλικών (άχυρα, στελέχη κεύφη καρπών, κουκούτσια, κλαδιά, υποπροϊόντα γεωργικών βιομηχανιών και μονάδων επεξεργασίας ξύλου κ.α), αποδίδει ενέργεια με διάφορους μεθόδους, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- Η άμεση καύση, που είναι η πιο απλή και παλιά μέθοδος. Μια τέλεια καύση, 1 κιλό ξερής βιομάζας (10% υγρασία) δίνει περίπου 3.900 Kcal. Καλή απόδοση κατά την καύση έχουν υλικά με περιεκτικότητα σε νερό 350 gr/kgf και πλούσια σε κυτταρίνη και λιγνίνη, όπως είναι τα ξύλα, υπολλείματα συγκομιδής σιτηρών, ξερών οσπρίων κ.ά. Το είδος του καυσίμου επηρεάζει τη λειτουργία, την τροφοδοσία και την απόδοση του λέβητα. Περισσότερο διαδεδομένη είναι η χρήση του πυρηνόξυλου, παραπροϊόντος της πυρηνελαιουργίας, το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στην Ελλάδα και σε προσιτή τιμή, ιδίως στις ελαιοκομικές περιοχές. Ένα κιλό πυρηνόξυλου έχει θερμογόνο δύναμη 3.800 Kcal έναντι 10.200 Kcal του πετρελαίου. Το κόστος κατασκευής ενός λεβητοστασίου με πυρηνόξυλο είναι αυξημένο αλλά αν υπολογίσει κανείς την σημαντική οικονομία

από την διαφορά στην τιμή των δύο καυσίμων και την έλλειψη αδράνειας στην θέρμανση το όφελος που προκύπτει ετησίως είναι μεγαλύτερο.

- Η αεροποίηση της φυτικής βιομάζας, που γίνεται με θερμοχημικές μεθόδους ή με βιοχημικές μετατροπές.
- Η αναερόβια ζύμωση των κτηνοτροφικών αποβλήτων, που γίνεται με διάφορα συστήματα, ανάλογα με το αν πρόκειται για στερέα ή υγρά απόβλητα .

Γεωθερμική ενέργεια.

Πρόκειται για την ενέργεια που παράγεται στο υπέδαφος και μεταφέρεται στην επιφάνεια του εδάφους μέσω διαφόρων ρευστών τα οποία βρίσκουν φυσική διέξοδο από τα βάθη της γης στην επιφάνεια ή ανεβαίνουν με ειδικές γεωτρήσεις. Η γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας ($\Theta < 100^{\circ} \text{C}$) που εντοπίζεται μακριά από κατοικημένες περιοχές, προσφέρεται αποκλειστικά για γεωργικές χρήσεις, ενώ η γεωθερμία υψηλής ενθαλπίας ($\Theta = 150-300^{\circ} \text{C}$) συμφέρει για παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η Ελλάδα διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό πηγών υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Προς το παρόν όμως η χρήση γεωθερμικών νερών εντοπίζεται κυρίως στην Βόρειο Ελλάδα. Κι αυτό γιατί η χρήση της γεωθερμίας παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, σ'ότι αφορά την διανομή ενέργειας στα θερμοκήπια όσο και την ανάπτυξη και την παραγωγή φυτών, με αποτέλεσμα την σχετικά περιορισμένη εφαρμογή της. Το σημαντικότερο πρόβλημα δημιουργείται από την υψηλή αλατότητα του γεωθερμικού νερού, το οποίο συχνά περιέχει άλατα διαβρωτικά για τα κοινά μέταλλα. Μια γεώτρηση που φθάνει στο βάθος του γεωθερμικού ορίζοντα μπορεί να αντικαταστήσει ένα κλασικό σύστημα για την θέρμανση ενός θερμοκηπίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Σκοπός της καταγραφής των θερμοκηπιακών μονάδων του νομού Μαγνησίας ήταν να διαπιστωθεί η υπάρχουσα κατάσταση στον τομέα των θερμοκηπίων στην Μαγνησία. Στην συνέχεια έγινε στατιστική μελέτη των στοιχείων για την καλύτερη αξιολόγηση των δεδομένων.

Το πρώτο στάδιο για την στατιστική μελέτη ενός φαινομένου είναι η συγκέντρωση των στατιστικών στοιχείων του. Το στάδιο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή και φροντίδα, γιατί από την αξιοπιστία των στοιχείων που θα συγκεντρωθούν εξαρτάται και η αξία των στατιστικών συμπερασμάτων. Αν τα στοιχεία είναι ανακριβή ή λανθασμένα είναι φανερό ότι και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν θα είναι επίσης ανακριβή ή λανθασμένα. Η καταγραφή έγινε με την μέθοδο της απογραφής (ή ολοκληρωτική μέθοδος) η οποία συνίσταται στην συγκέντρωση στοιχείων από όλες τις στατιστικές μονάδες του πληθυσμού που εξετάζουμε. Η συγκέντρωση των στατιστικών στοιχείων έγινε με ερωτηματολόγιο στο οποίο υπήρχαν ερωτήσεις για όλα τα στοιχεία τα οποία μας ενδιέφεραν.

Τα στοιχεία τα οποία εξετάστηκαν ήταν:

- **Κατασκευή:** Έκταση χωραφιού, έκταση θερμοκηπίου, πλάτος - μήκος θερμοκηπίου, ύψος θερμοκηπίου, ύψος ορθοστάτη, υλικό σκελετού, υλικό κάλυψης, τύπος θερμοκηπίου, χρόνος κατασκευής, προσανατολισμός.
- **Εξοπλισμός:** Εξαερισμός, θέρμανση, καύσιμο, άρδευση, σκίαση, θερμοκουρτίνα.
- **Καλλιέργεια:** Είδη που καλλιεργούνται, περίοδος καλλιέργειας, παραγόμενη ποσότητα, αγορά στην οποία απευθύνεται.

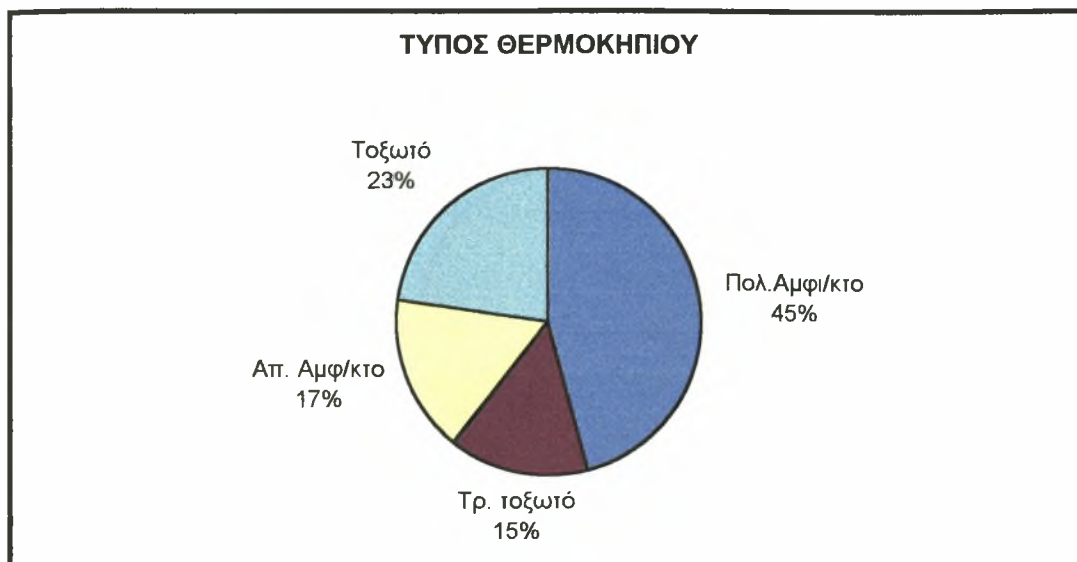
•**Χρηματοοικονομικά:** Προσωπικό (μόνιμο - έκτακτο), χρόνος αντικατάστασης πλαστικού, ποσότητα - κόστος καυσίμου, κόστος καλλιέργειας (πολλαπλασιαστικό υλικό, λιπάσματα, φάρμακα, εργατικά), ένταξη σε πρόγραμμα. Συνολικά, στον πίνακα 2 παρουσιάζεται η εικόνα των θερμοκηπιακών μονάδων στον νομό Μαγνησίας.

Πίνακας 2. Εκτάσεις και διάφοροι τύποι θερμοκηπίων στην Μαγνησία				
Τύπος θερμοκηπίου	Στρέμματα	Μη θερμαινόμενα	Αμφίρρικτα	Τοξωτά
Υαλόφρακτα	52	0	52	0
Πλαστικά (Μεταλικά)	70	12	30	35
Πλαστικά (Ξύλινα)	30	25	15	20
Υαλόφρακτά - Πλαστικά	8	0	0	8
ΣΥΝΟΛΟ	160	37	97	63

4. 1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Τύπος θερμοκηπίου.

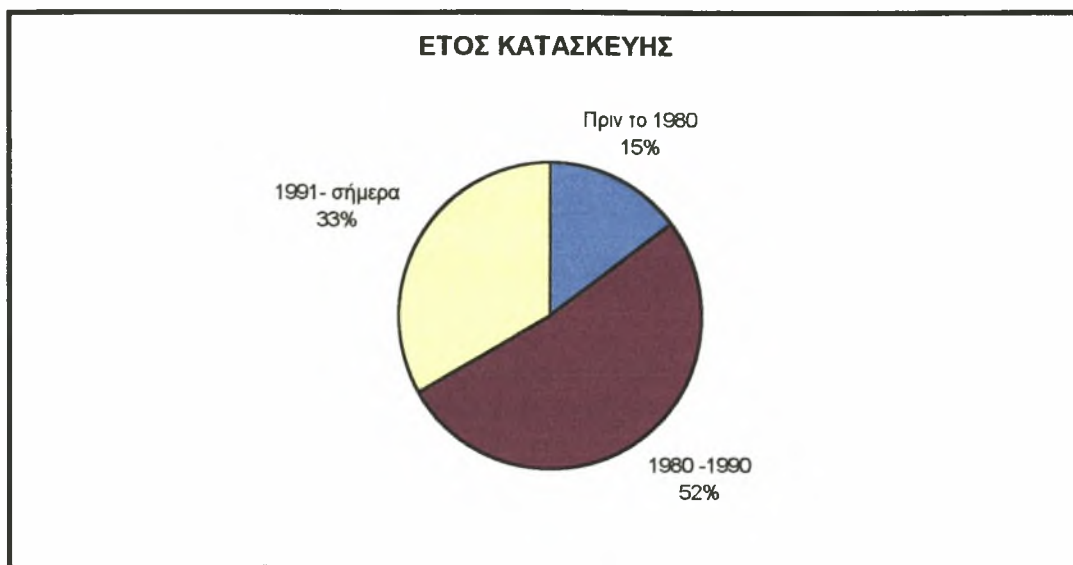
Οι διάφοροι τύποι θερμοκηπίων και η αναλογία τους στην περιοχή της Μαγνησίας φαίνονται στο διάγραμμα 1. Τα μισά σχεδόν θερμοκήπια (45%) είναι πολλαπλά αμφίρικτα και ακολουθούν τα απλά τοξωτά σε ποσοστό 23%. Η μεγάλη αναλογία των αμφίρρικτων θερμοκηπίων οφείλεται στο ότι παρουσιάζουν οικονομία στην θέρμανση (έχουν μικρότερη επιφάνεια καλύμματος ανά μονάδα επιφάνειας εδάφους), έχουν μεγαλύτερο συνεχόμενο εσωτερικό χώρο (εκμηχάνιση), προσφέρονται για αυτοματισμούς, διευκολύνουν την κίνηση στον χώρο της καλλιέργειας.



Διαγραμμα 1. Τύποι θερμοκηπίων στον νομό Μαγνησίας

Έτος κατασκευής.

Την δεκαετία 1980 - 1990 κατασκευάστηκαν τα μισά απο τα συνολικά θερμοκήπια που υπάρχουν στην Μαγνησία. Πριν το 1980 κατασκευάστηκαν λίγα (15%) ενώ μετά το 1990 η κατασκευή θερμοκηπίων συνεχίστηκε σε ικανοποιητικούς ρυθμούς (33%). Τα τελευταία χρόνια προτιμούνται περισσότερο τα τυποποιημένα μεταλλικά θερμοκήπια, διότι είναι μακροβιότερα και παρέχουν καλύτερες δυνατότητες σωστού εξαερισμού, ο οποίος μπορεί να λειτουργεί αυτόματα. Η συνολική εικόνα του έτους κατασκευής των θερμοκηπίων στην Μαγνησία φαίνεται στο διάγραμμα 2.

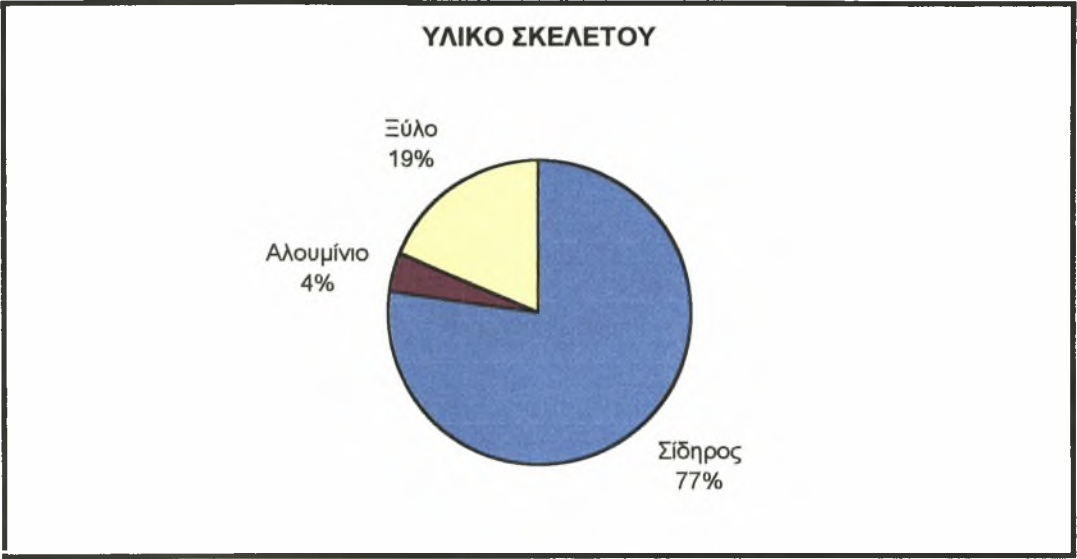


Διάγραμμα 2. Έτος κατασκευής των θερμοκηπιακών μονάδων.

Υλικό σκελετού

Όπως ήταν φυσικό ο γαλβανισμένος σίδηρος είναι το βασικό υλικό για την κατασκευή του σκελετού των θερμοκηπίων. Το ξύλο ως υλικό σκελετού συναντάται μόνο σε μικρές μονάδες και κυρίως σε θερμοκήπια τα οποία κατασκευάστηκαν πριν το 1980. Το χαμηλό κόστος του ξύλου και η χρησιμοποίησή του σε μονάδες χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις ήταν οι λόγοι χρησιμοποίησης του ξύλου ως υλικού σκελετού. Η μικρότερη μηχανική αντοχή του, σε σχέση με το μέταλλο, καθώς και η μεταβολή του σχήματος του από την εναλλάσσιμη υγρασία αλλά και η εύκολη προσβολή του από βιολογικούς εχθρούς επέβαλλαν την αντικατάστασή του με τον σίδηρο αλλά τελευταία και με το αλουμίνιο. Τα θερμοκήπια τα οποία είναι κατασκευασμένα από σίδηρο,

διαρκούν περισσότερο σε σχέση με τα άλλα, οι μηχανισμοί του παθητικού εξαερισμού κατασκευάζονται και αυτοματοποιούνται ευκολότερα. Τα θερμοκήπια από αλουμίνιο έχουν πολύ ελαφρότερα στοιχεία σκελετού, δεν διαβρώνονται στο περιβάλλον του θερμοκηπίου, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Στο διάγραμμα 3 φαινεται η αναλογία των τριών κυριοτέρων υλικών σκελετού θερμοκηπίων.

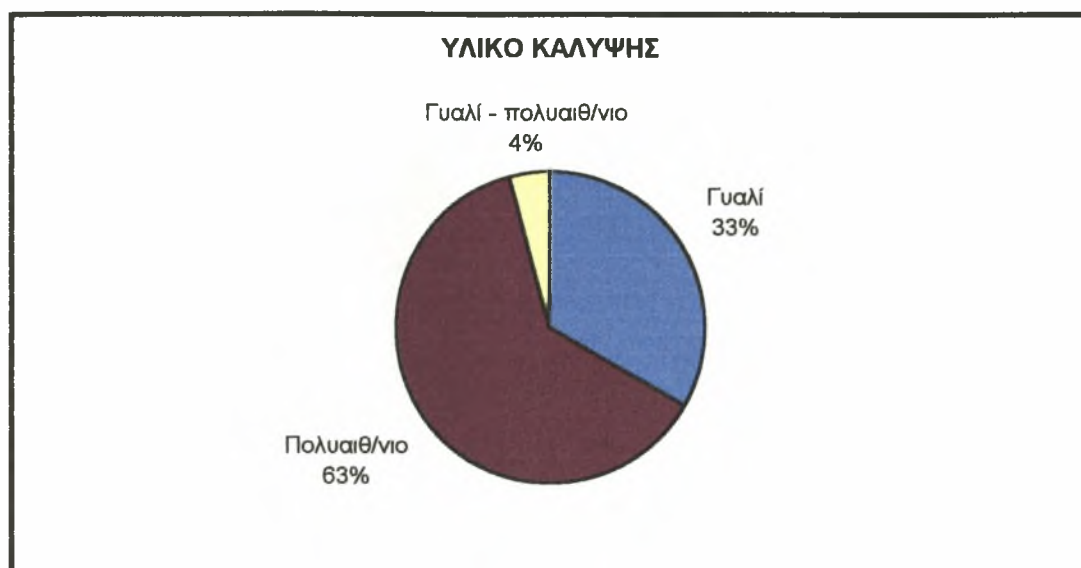


Διάγραμμα 3. Υλικά σκελετού των θερμοκηπιακών μονάδων.

Υλικό κάλυψης

Στα υλικά κάλυψης κυριαρχεί το απλό πολυαιθυλένιο (63%). Η ευκολία προσαρμογής του υλικού αυτού σε οποιοδήποτε σχήμα σκελετού και η χαμηλή του τιμή ήταν οι σημαντικότεροι λόγοι που οδήγησαν τους καλλιεργητές στην επιλογή αυτού του υλικού κάλυψης. Η διατήρηση των ιδιοτήτων του γυαλιού με το πέρασμα του χρόνου (ένας υαλοπίνακας θερμοκηπίου έχει πρακτικά την ίδια περατότητα στο φως μετά από 43 χρόνια με έναν καινούργιο Nelson P.,1981) οδήγησε τους καλλιεργητές να προτιμήσουν το γυαλί για υλικό κάλυψης. Έτσι σημαντικό είναι και το ποσοστό των θερμοκηπίων στα οποία το υλικό κάλυψης είναι το γυαλί. Τελευταία υπάρχει η τάση να χρησιμοποιούνται και τα δύο υλικά κάλυψης. Έτσι θερμοκήπια τα οποία κατασκευαστήκαν πρόσφατα είναι καλυμένα

με γυαλί πλευρικά και με απλό ή διπλό πολυαιθυλένιο στην οροφή , (διάγραμμα 4)



Διάγραμμα 4 Υλικά κάλυψης των θερμοκηπιακών μονάδων.

4.2 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Θέρμανση

Η αναλογία θερμαινόμενων - μη θερμαινόμενων θερμοκηπίων για την περιοχή της Μαγνησίας φαίνεται στο διάγραμμα 5. Λίγα είναι τα θερμοκήπια τα οποία δεν θερμούνται (23%) και αυτά είτε γιατί είναι κατασκευασμένα πολύ κοντά στην θάλασσα, είτε γιατί η θέρμανση τους καταστά την καλλιέργεια ασύμφορη. Στις περιπτώσεις αυτές οι καλλιεργητές αποβλέπουν κυρίως στην εκμετάλευση της υψηλότερης ημερήσιας θερμοκρασίας που δημιουργείται συνήθως στο χώρο του θερμοκηπίου. Βέβαια θερμοκήπια τα οποία κατασκευάστηκαν μετά το 1980 είναι όλα θερμαινόμενα, έχουν ακριβό και σύνθετο σύστημα θέρμανσης το οποίο

επιτρέπει την ρύθμιση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου στο άριστο επίπεδο.



Διάγραμμα 5 Αναλογία θερμαινομαίνων θερμοκήπιων.

Τρόπος θέρμανσης

Από το διάγραμμα 6 φαίνεται πως στο 53% των θερμοκηπιακών μονάδων υπάρχει κέντρικό σύστημα θέρμανσης με θερμό νερό ή ατμό. Στις περισσότερες περιπτώσεις η κατανομή της θερμότητας στον χώρο του θερμοκηπίου γίνεται με πλαστικούς σωλήνες στο επίπεδο του εδάφους ενώ μόνο το 8% χρησιμοποιεί σωλήνες τοποθετημένους στην οροφή για την θέρμανση του. Σ’όλες τις περιπτώσεις η τοποθέτηση των σωλήνων έγινε παράλληλα προς τις γραμμές των φυτών και με στόχο να μην εμποδίζουν την κυκλοφορία (εργατών - μηχανημάτων) στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Το 18% χρησιμοποιεί συνδυασμό μεταξύ επιδαπέδιας θέρμανσης και αεροθέρμου. Στην περίπτωση αυτή το αερόθερμο χρησιμοποιείται σαν βοηθητικό - συμπληρωματικό μέσο θέρμανσης γιατί η

χρησιμοποίηση του αεροθέρμου σαν κύριου μέσου θέρμανση έχει το μειονέκτημα της μη ικανοποιητικής θέρμανσης του εδάφους. Αναλυτικά ο τρόπος θέρμανσης των θερμοκηπιακών μονάδων της Μαγνησίας φαίνεται παρακάτω (διάγραμμα 6)

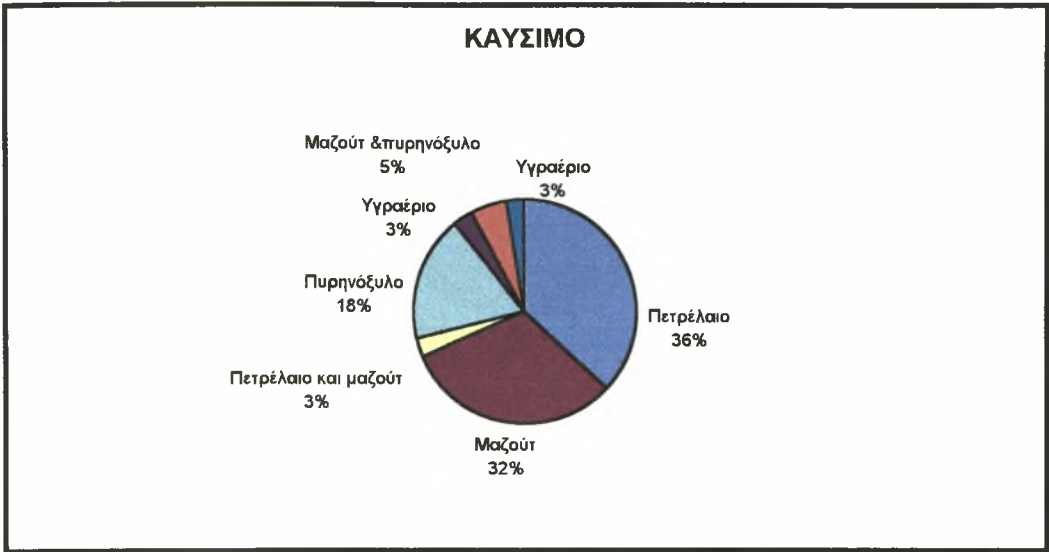


Διάγραμμα 6. Τρόπος θέρμανσης των θερμοκηπιακών μονάδων.

Καύσιμο υλικό

Σχεδόν το 70% των θερμοκηπίων χρησιμοποιεί σαν καύσιμο υλικό το πετρέλαιο ή το μαζούτ. Τα καύσιμα αυτά έχουν υψηλή αποδοτικότητα και το σύστημα θέρμανσης μ' αυτά μπορεί να αυτοματοποιηθεί σχετικά εύκολα. Τα θερμοκήπια όμως που κατασκευαστήκαν μετά το 1990 στα πλαίσια της πολιτικής που εφαρμόζεται για καλλιέργεια με μειωμένες εισροές και αξιοποίηση ήπιων μορφών ενέργειας οδήγησε τους παραγωγούς στην χρησιμοποίηση, φιλικών προς το περιβάλλον υλικών. Έτσι σήμερα το 18% των μονάδων χρησιμοποιεί σαν καύσιμο υλικό το πυρηνόξυλο. Αν και το υγραέριο είναι ένα καύσιμο με το οποίο η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης αυτοματοποιείται εύκολα και έχει πολύ μεγάλη απόδοση μόνο το 3% των μονάδων το χρησιμοποιεί ως καύσιμο υλικό

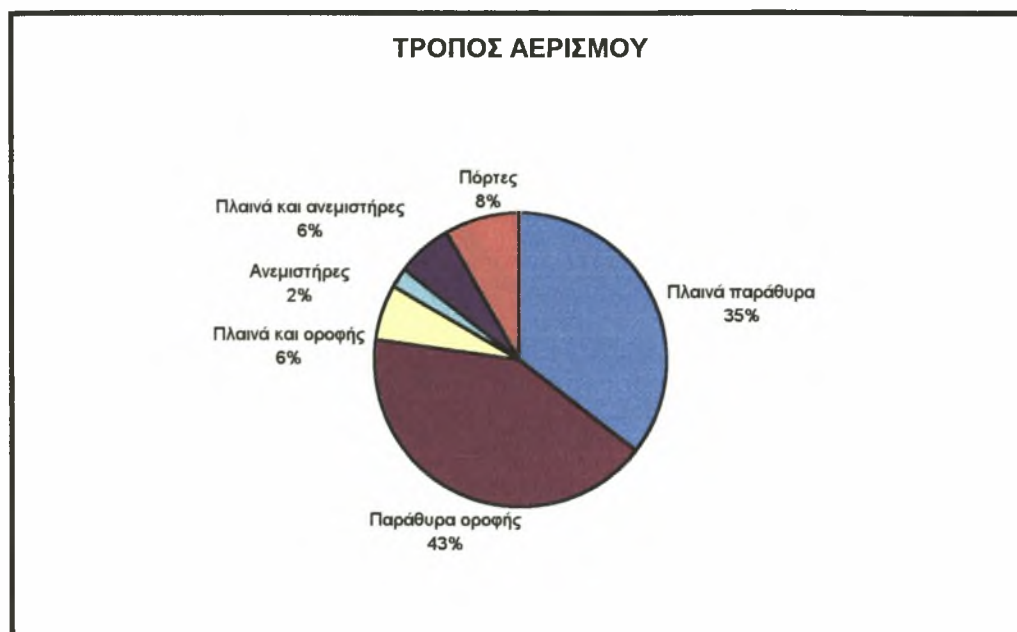
λόγω της αυξημένης τιμής του. Γενικά οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το υλικό καύσεως για μια μονάδα είναι η κυρίως η τιμή του, η διαθεσιμότητα του στην περιοχή και η τιμή κτήσης του.Σο διάγραμμα 7 παρουσιάζονται όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την θέρμανση των θερμοκηπίων στην Μαγνήσια.



Διάγραμμα 7 Καύσιμα υλικά για την θέρμανση των μονάδων.

Αερισμός

Αν και ο κλιματισμός των θερμοκηπίων είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι καλλιεργητές, κυρίως κατά την θερμή περίοδο, εντούτοις μόνο το 8% των θερμοκηπιακών μονάδων της Μαγνησίας χρησιμοποιούν δυναμικό εξαερισμό. Η πλειοψηφία τους χρησιμοποιεί μόνο τον φυσικό εξαερισμό με ανοίγματα στις πλευρές και την οροφή του θερμοκηπίου. Για τον φυσικό εξαερισμό χρησιμοποιούνται τα πλαινά παράθυρα σε ποσοστό 35% και τα παράθυρα οροφής σε ποσοστό 43%. Για τον δυναμικό εξαερισμό, όσα θερμοκήπια τον χρησιμοποιούν, αυτός γίνεται με ανεμιστήρες. Οι τρόποι με τους οποίους γίνεται ο εξαερισμός των θερμοκηπίων στην Μαγνησία φαίνεται στο διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 8 Τρόπος αερισμού των θερμοκηπίων της Μαγνησίας

Θερμοκουρτίνα

Η εγκατάσταση θερμοκουρτίνας, η οποία προσφέρει μέχρι και 50% εξοικονόμηση ενέργειας, έχει προβλεφτεί μόνο στο 11% των περιπτώσεων, ενώ υπάρχει η πρόβλεψη για εγκατάσταση της σε 11% ακόμη θερμοκηπίων. Οι περισσότεροι παραγωγοί γνωρίζουν ότι με την χρήση θερμοκουρτίνας μπορούν να πετύχουν κάποια εξοικονόμηση ενέργειας όμως δεν είναι πλήρως ενημερωμένοι για την χρησιμότητα της και δεν ξέρουν αν το κόστος για την εγκατάσταση της είναι ανάλογο με την μείωση στην κατανάλωση ενέργειας που θα πετύχουν. Έτσι στην πλειοψηφία τους (78%) τα θερμοκήπια της Μαγνησίας δεν έχουν θερμοκουρτίνα (διάγραμμα 9).



Διάγραμμα 9 Ύπαρξη θερμοκουρτίνας στα θερμοκήπια της Μαγνησίας.

4.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Είδη που καλλιεργούνται

Τα καλλιεργούμενα είδη στα θερμοκήπια της Μαγνησίας είναι συνηφασμένα με τις απαιτήσεις της αγοράς, την τιμή πώλησης και την ευκολία διάθεσης τους στην αγορά. Η πλειοψηφία των θερμοκηπιακών μονάδων καλλιεργεί γλαστρικά φυτά (φίκους, μπέντζαμιν, ορτανσίες κ.λπ.) και γαρδένιες. Λίγα είναι τα θερμοκήπια τα οποία καλλιεργούν κηπευτικά και αυτά είναι μικρές μονάδες, κάτω των 5 στρεμμάτων, χαμηλού κόστους επένδυσης και έντασης εργασίας. Πρόκειται κυρίως για οικογενειακού τύπου επιχειρήσεις που βασίζουν την λειτουργία τους στην εργασία των μελών της οικογένειας εκτός περιόδων αιχμής. Τα

καλλιεργούμενα είδη στον νομό Μαγνησίας φαίνονται στο διάγραμμα 10. Η παραγόμενη ποσότητα που επίσης φαίνεται στο διάγραμμα 10 είναι σχετική με την έκταση του κάθε θερμοκηπίου και την οργάνωση της κάθε μονάδας.



Διάγραμμα 10 Καλλιέργειες στα θερμοκήπια του νομού Μαγνησίας.

Αγορά στην οποία απευθύνονται.

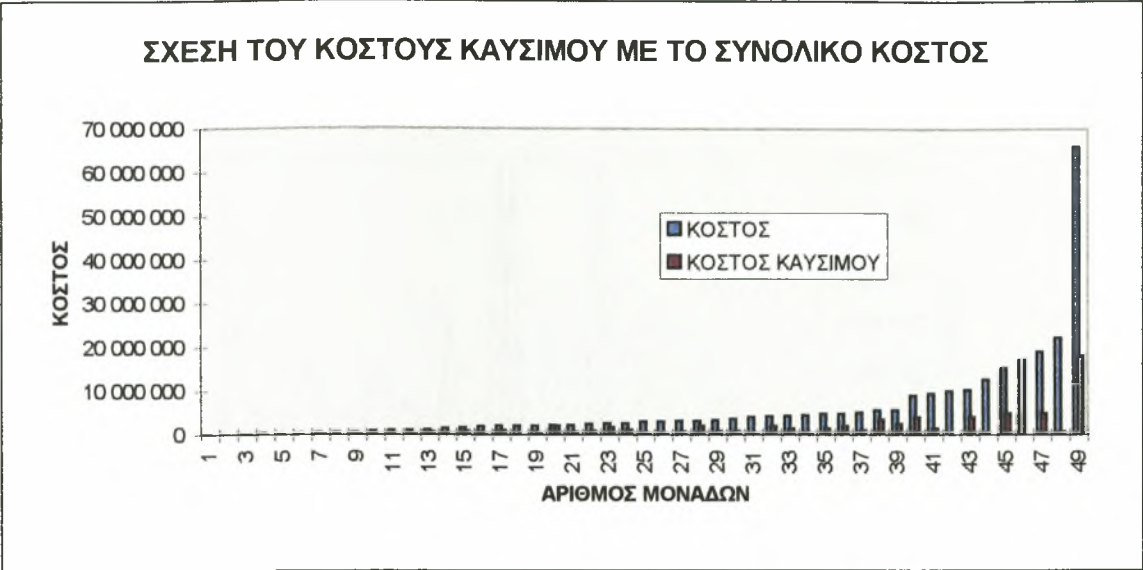
Όλα σχεδόν τα θερμοκήπια που παράγουν γλαστρικά φυτά και γαρδένιες απευθύνονται στην αγορά του εξωτερικού. Στο εσωτερικό απευθύνονται οι μονάδες που παράγουν κηπευτικά και ορισμένες, σχετικά μικρές μονάδες καλλιέργειας γλαστρικών φυτών. (Διάγραμμα 11)



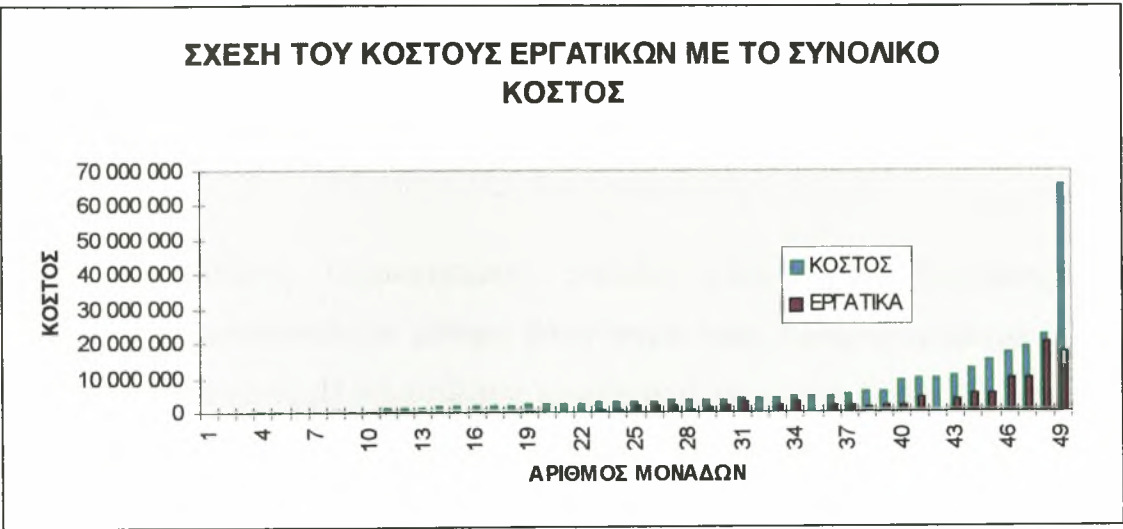
Διάγραμμα 11 Αγορά πώλησης των προϊόντων

4.4 ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Το συνολικό κόστος της κάθε καλλιέργειας είναι στενά συνδεδεμένο με την έκταση της μονάδας, τη ορθολογική χρησιμοποίηση των μέσων παραγωγής, και τον βαθμό οργάνωσης της κάθε μονάδας. Το κόστος για την θέρμανση των θερμοκηπίων ήταν σε όλες τις περιπτώσεις το μεγαλύτερο (διάγραμμα 12). Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα 13,14 που ακολουθούν το συνολικό κόστος για μια θερμοκηπιακή καλλιέργεια εξαρτάται κυρίως από το κόστος θέρμανσης και από το κόστος του προσωπικού. Το κόστος των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων είναι σχετικά μικρό συγκρινόμενο με το συνολικό.



Διάγραμμα 12 Σχέση του κόστους θέρμανσης σε σχέση με το συνολικό.



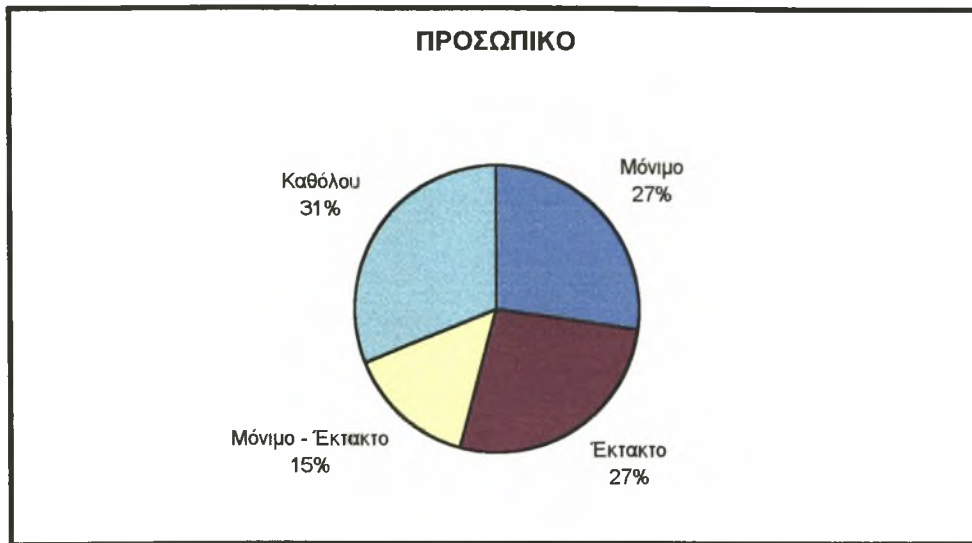
Διάγραμμα 13 Σχέση του κόστους για εργάτες σε σχέση με το συνολικό κόστος.



Διάγραμμα 14. Κόστος λιπασμάτων φαρμάκων σε σχέση με το συνολικό.

4.5 ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

Οι περισσότερες θερμοκηπιακές μονάδες στον νομό Μαγνησίας δεν απασχολούν προσωπικό σε μόνιμη βάση παρά μόνο έκτακτο ανάλογα με τις υπάρχουσες ανάγκες. Η απασχόληση προσωπικού σε μόνιμη βάση, σύμφωνα με τα λεγόμενα των παραγωγών είναι ασύμφορη αφού το συνολικό κόστος είναι μεγαλύτερο από τα έσοδα. Οι μεγαλύτερες επιβαρύνσεις στο συνολικό κόστος για μια καλλιεργητική περίοδο προέρχονται από το κόστος για θέρμανση και από το κόστος για τα εργατικά. Επειδή δεν μπορούν να περιορίσουν αποτελεσματικά το κόστος θέρμανσης αναγκαστικά περιορίζουν το εργατικό προσωπικό για να είναι η επιχείρηση βιώσιμη. Βέβαια υπάρχουν και οι οικογενειακές επιχειρήσεις οι οποίες δεν απασχολούν καθόλου προσωπικό. (Διάγραμμα 15)



Διάγραμμα 15 Εργατικό προσωπικό των μονάδων του νομού Μαγνησίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Χρήση μαθηματικών προσομοιωμάτων για την βελτίωση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών.

Σήμερα οι προσπάθειες που γίνονται για την βελτίωση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών βασίζονται κυρίως στην εξοικονόμηση ενέργειας και στον έλεγχο του εσωτερικού μικροκλίματος (θέρμανση, αερισμός). Πολλές φορές το υψηλό κόστος γίνεται ανασταλτικός παράγοντας για την καλλιέργεια αφού σε ορισμένες απαιτητικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι το 30% - 40% του συνολικού κόστους παραγωγής. Έτσι λοιπόν έγιναν προσπάθειες ανάπτυξης μαθηματικών προσομοιωμάτων για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών

των θερμοκηπίων τα οποία θα οδηγήσουν όχι μόνο στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος λόγω της μείωσης των εκπεμπόμενων ρύπων.

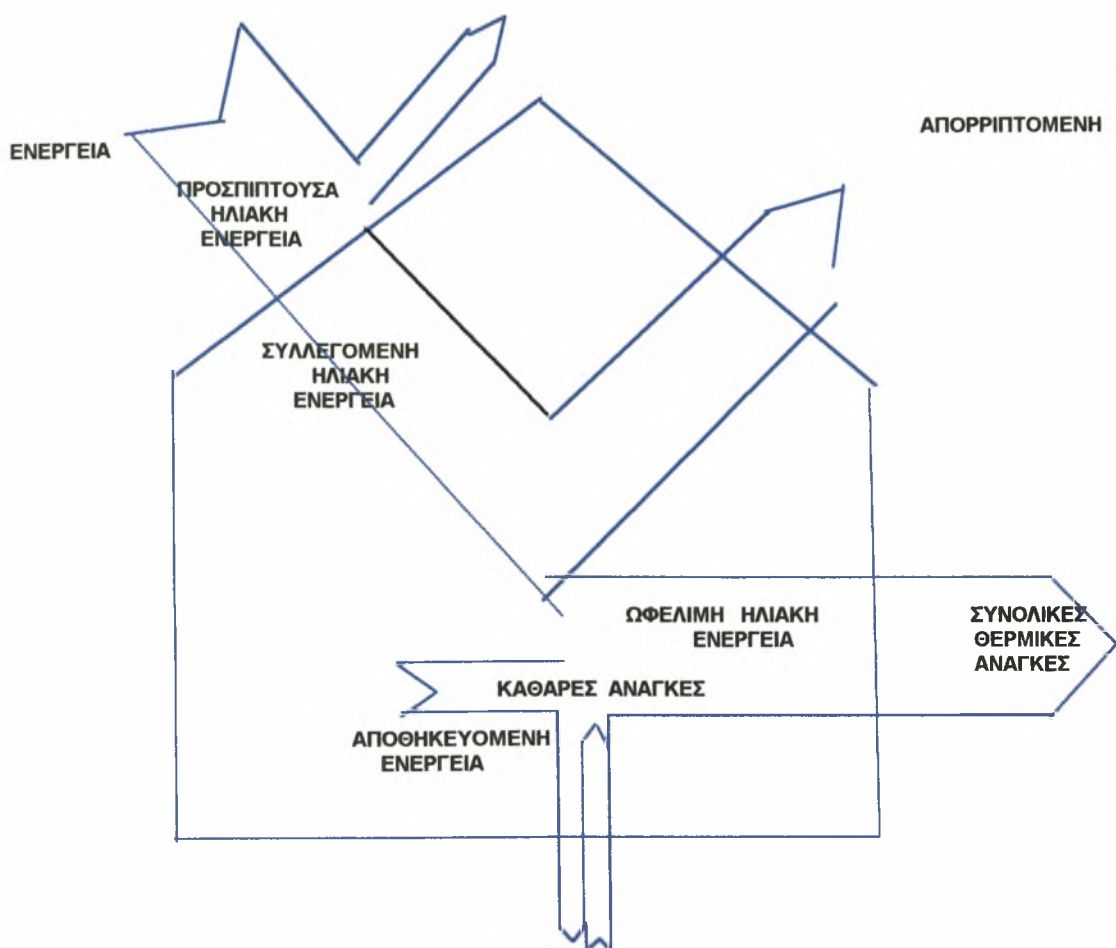
Έχουν αναπτυχθεί αρκετά μοντέλα για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ενέργειας για το θερμοκήπιο. Τρεις τύποι μοντέλων είναι οι κυριότεροι: 1) Βασικό στατικό μοντέλο στο οποίο η ενέργεια που απαιτείται υπολογίζεται με βάση τις συνολικές θερμικές απώλειες (Chiarale et al., 1981). Το πλεονέκτημα του μοντέλου αυτού έγκειται στην απλότητά του αλλά λόγω του ότι δεν λαμβάνει υπόψη του την συμβολή της ηλιακής ενέργειας, η ακρίβεια του είναι μικρή. 2) Σύνθετο δυναμικό μοντέλο το οποίο επιτρέπει όχι μόνο την πρόβλεψη των ενεργειακών αναγκών αλλά και του εσωτερικού κλίματος του θερμοκηπίου (Businger, 1963). Το μοντέλο αυτό μας δίνει ικανοποιητική ακρίβεια στα αποτελέσματα αλλά η χρήση του είναι δύσκολη. 3) Ενδιάμεσο μοντέλο το οποίο υπολογίζει την ενεργειακή κατανάλωση με ακρίβεια παρόμοια του σύνθετου δυναμικού μοντέλου, προσαρμόζεται εύκολα σε κάθε τύπο θερμοκηπίου και κλίματος και χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για μεγάλες χρονικές περιόδους (μηνιαίως ή ετησίως). 4) Στατικό μοντέλο (Horticon) στο οποίο έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη την επίδραση του άνεμου, την ακτινοβολία η οποία χάνεται στον ουρανό καθώς και την συμβολή της ηλιακής ενέργειας στη θέρμανση του θερμοκηπίου (Jolliet, 1989a). Το μοντέλο Horticon συνδυάζοντας τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, με την καλλιέργεια, είναι σε θέση να προτείνει τον βέλτιστο τύπο θερμοκηπίου (Κατασκευή, εξοπλισμός, καλλιεργητικό ημερολόγιο), ικανοποιώντας παράλληλα και την ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι πλειοψηφία των θερμοκηπιακών μονάδων της Μαγνησίας, όπως άλλωστε και ολόκληρης της Ελλάδος, έγινε χωρίς καμία μελέτη των κλιματικών συνθηκών, του χώρου και των αναγκών του παραγωγού. Στην συνέχεια επειχρηείται μια προσπάθεια υπολογισμού της απαιτούμενης ενέργειας για μερικές από τις

μεγαλύτερες μονάδες της Μαγνησίας, με βάση το μοντέλο Horticern και σύγκριση των αποτελεσμάτων (κατανάλωση καυσίμου) με αυτά που έδωσαν οι παραγωγοί. Έτσι θα βρεθούν οι διαφορές στην απαιτούμενη ενέργεια και θα προκύψει ένας συντελεστής ο οποίος θα δείχνει την διαφορά για την ενέργεια που απαιτείται με βάση την υπάρχουσα κατάσταση σε σχέση με την ενέργεια που πραγματικά απαιτείται (υπολογισμός με βάση το μοντέλο). Τέλος θα υπολογιστεί η απαιτούμενη ενέργεια, της κάθε μονάδας, λαμβάνοντας υπόψη τις βελτιώσεις στον εξοπλισμό που μπορούν να γίνουν στην κάθε μονάδα.

5.2 Το στατικό μοντέλο Horticern

Η μελέτη του ενεργειακού ισοζυγίου του θερμοκηπίου αποτελεί την βάση της μεθόδου. Το κάλυμμα του θερμοκηπίου ορίζει δυο διακριτές ζώνες, μια εσωτερική η οποία αποτελείται από τον αέρα, την καλλιέργεια και το έδαφος και μια εξωτερική η οποία χαρακτηρίζεται από τις κλιματικές συνθήκες (Κίττας, Κ., 1988). Οι ενεργειακές ανταλλαγές που λαμβάνουν χώρα στο «σύστημα» θερμοκήπιο περιγράφονται σχηματικά στο σχήμα 15.



Σχήμα 15. Ενεργειακές ανταλλαγές στο θερμοκήπιο.

Το ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος μπορεί να αποδοθεί με την ακόλουθη μορφή:

$$E_{\kappa\alpha\theta.} = E_{\alpha\pi\alpha\iota\tau.} - E_{\omega\phi\epsilon\lambda.} + \Delta E_{\alpha\pi\theta.}, \quad (1)$$

όπου: $E_{καθ.}$: η ενέργεια η οποία ελευθερώνεται από το σύστημα θέρμανσης,

$E_{απαιτ.}$: οι ολικές θερμικές απώλειες,

$E_{ωφελ.}$: η ηλιακή ενέργεια η οποία είναι ωφέλιμη για την θέρμανση του θερμοκηπίου,

$$\text{όπου:} \quad E_{ωφελ.} = E_{σολ} - E_{απορ.}$$

$E_{σολ.}$: η συνολική ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται από το θερμοκήπιο,

$E_{απορ.}$: η ενέργεια η οποία αποβάλλεται υπό μορφή αισθητής και λανθάνουσας από το θερμοκήπιο, και $\Delta E_{αποθ.}$: η μεταβολή της αποθηκευόμενης ενέργειας στο έδαφος του θερμοκηπίου.

Οι συνολικές θερμικές ανάγκες (E) υπολογίζονται ως αποτέλεσμα της διαφοράς θερμοκρασίας αέρα μεταξύ εσωτερικού ($\theta_{εσ.}$) και εξωτερικού περιβάλλοντος ($\theta_{εξ.}$), της θερμοκρασίας του ουρανού ($\theta_{ουρ.}$) και της ταχύτητας του εξωτερικού άνεμου $U_{εξ.}$ σύμφωνα με την εξίσωση :

$$E/(A * Dd) = U_{εξ.} * (\theta_{εσ.} - \theta_{εξ.}) + U_{ουρ.} (\theta_{εσ.} - \theta_{ουρ.}) \quad \text{σε } W/m^2. \quad (2)$$

Στην παραπάνω εξίσωση είναι:

A : το εμβαδόν της καλυπτόμενης επιφάνειας του θερμοκηπίου σε m^2 και Dd: η συνολική διάρκεια της ημέρας. Οι συντελεστές $U_{εξ.}$ και $U_{ουρ.}$ που αντιπροσωπεύουν τον συντελεστή αγωγιμότητας με μεταφορά και τον ολικό συντελεστή απωλειών λόγω ακτινοβολίας του θερμοκηπίου με τον ουρανό αντίστοιχα, δίνονται από τις εξισώσεις:

$$U_{εξ.} = \frac{1}{A} \left[\frac{G_{καλ.-εσ.} * G_{καλ.-ουρ.}}{G_{καλ.-εσ.} + G_{καλ.-εξ.} + G_{καλ.-ουρ.}} + G_{ανταλ(εσ.-εξ.)} + G_{απ. εδαφ.} \right] \quad (3).$$

$$U_{\text{ουρ.}} = \frac{1}{A} \left[\frac{G_{\text{καλ.-εσ.}} * G_{\text{καλ.-ουρ.}}}{G_{\text{καλ.-εσ.}} + G_{\text{καλ.-εξ.}} + G_{\text{καλ.-ουρ.}}} \right] \quad (\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}). \quad (4).$$

Όπου : $G_{\text{καλ.-εσ.}}$ είναι οι ανταλλαγές μεταξύ καλύμματος και του εσωτερικού αέρα,

$G_{\text{καλ.-ουρ.}}$ είναι οι ανταλλαγές μεταξύ καλύμματος και ουρανού,

$G_{\text{καλ.-εξ.}}$ είναι οι ανταλλαγές μεταξύ καλύμματος και εξωτερικού αέρα.

Εξάλλου ο ειδικός συντελεστής θερμικών απωλειών (U_{value}) υπολογίζεται και αυτός σε συνάρτηση με τις κλιματικές συνθήκες και δίνεται από την εξίσωση :

$$U_{\text{value}} (v, \theta_{\text{ουρ.}}) = U_{\text{εξ.}} + U_{\text{ουρ.}} + U_{\text{ουρ.}} * q_{\text{ουρ.}} \quad \text{σε } \text{W/m}^2 \text{K} \quad (5).$$

όπου : $U_{\text{εξ.}}$ η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα, $U_{\text{ουρ.}}$ η θερμοκρασία του αέρα του ουρανού, (v) η ταχύτητα του ανέμου σε (m/s) και $q_{\text{ουρ.}} = (\theta_{\text{εξ.}} - \theta_{\text{ουρ.}}) / (\theta_{\text{εσ.}} - \theta_{\text{εξ.}})$.

Το θερμοκήπιο θεωρείτε ως ένα σώμα που αυξάνει την ενέργεια του με την ακτινοβολία που δέχεται από τον ήλιο και την θερμότητα που απελευθερώνεται μέσα σε αυτό από το σύστημα θέρμανσης και χάνει ενέργεια από το κάλυμμα και με τις διαφυγές αέρα από τον χώρο του (Κίττας, Κ., 1984). Κάθε ισοζύγιο ενέργειας συνίσταται από ισότητες που περιγράφουν τις εισροές και εκροές ενέργειας και οι οποίες δημιουργούνται σε συνάρτηση με την θερμοκρασία των αλληλεπιδρώντων σωμάτων. Έτσι έχουμε απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του θερμοκηπίου στον εξωτερικό αέρα λόγω συναγωγής αυτών με

το κάλυμμα. Επίσης απώλειες έχουμε λόγω θερμικής ακτινοβολίας του εσωτερικού του θερμοκηπίου προς το περιβάλλον.

Η ωφέλιμη για την θέρμανση ηλιακή ενέργεια υπολογίζεται σε δυο φάσεις. Πρώτα προσδιορίζεται η συνολική ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, η οποία συλλέγεται από το θερμοκήπιο και στη συνέχεια υπολογίζεται το κλάσμα αυτής το οποίο είναι ωφέλιμο για την θέρμανση. Οι καθαρές ανάγκες λαμβάνονται με αφαίρεση της ωφέλιμης ηλιακής ενέργειας από τις συνολικές θερμικές ανάγκες. Η συνολική ενεργειακή κατανάλωση τέλος δίνεται από τον λόγο των καθαρών αναγκών προς την αποδοτικότητα του συστήματος θέρμανσης.

Για τον χαρακτηρισμό των κλιματικών συνθηκών είναι απαραίτητες οι παρακάτω μέσες μηνιαίες τιμές (Jolliet, 1988):

- Της διάρκειας της ημέρας από την ανατολή έως την δύση.
- Της μέσης ελάχιστης και μέσης μέγιστης εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Των ωρών ηλιοφάνειας.
- Της ταχύτητας του άνεμου.

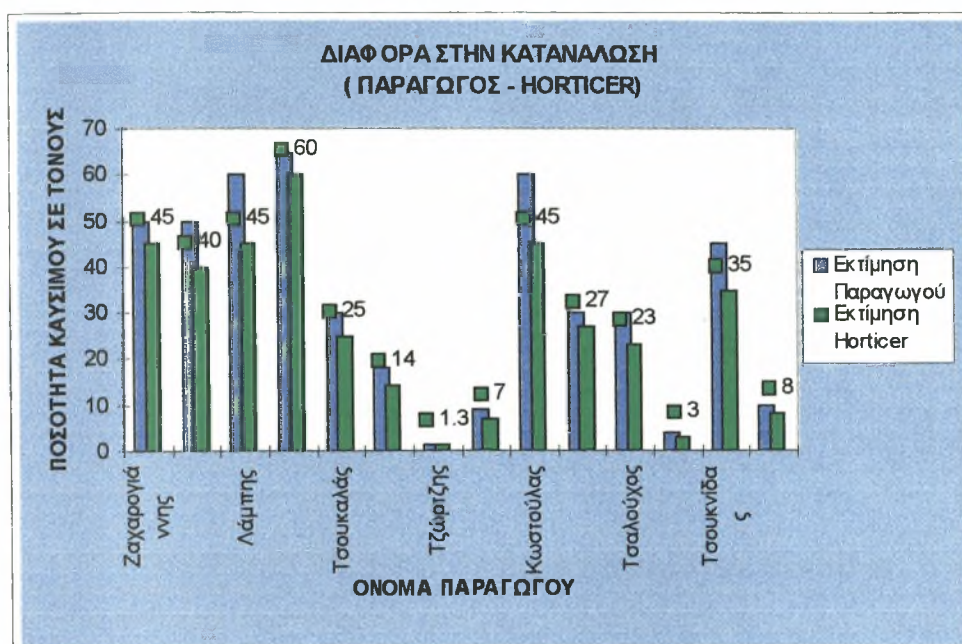
Της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης)

5.3 Εφαρμογή του μοντέλου για την περιοχή της Μαγνησίας

Έγινε εφαρμογή του μοντέλου για τις μεγαλύτερες θερμοκηπιακές μονάδες τιν νομού Μαγνησίας. Στόχος ήταν να συγκριθεί η απαιτούμενη ενέργεια (ποσότητα καυσίμου) που έδινε το μοντέλο για κάθε θερμοκήπιο με αυτήν που έδιναν οι παραγωγοί. Στην συνέχεια με βάση το μοντέλο έγιναν κάποιες υποθετικές βελτιώσεις του εξοπλισμού, οι οποίες μπορούν να γίνουν και στην πράξη χωρίς δραματική επιβάρυνση του συνολικού κόστους (χρήση θερμοκουρτίνας όπου

δεν υπήρχε, αντικατάσταση μονού φύλλου πολυαιθυλενίου με διπλό, χρήση διπλού φύλλου PE πλευρικά και γυαλιού στην οροφή).

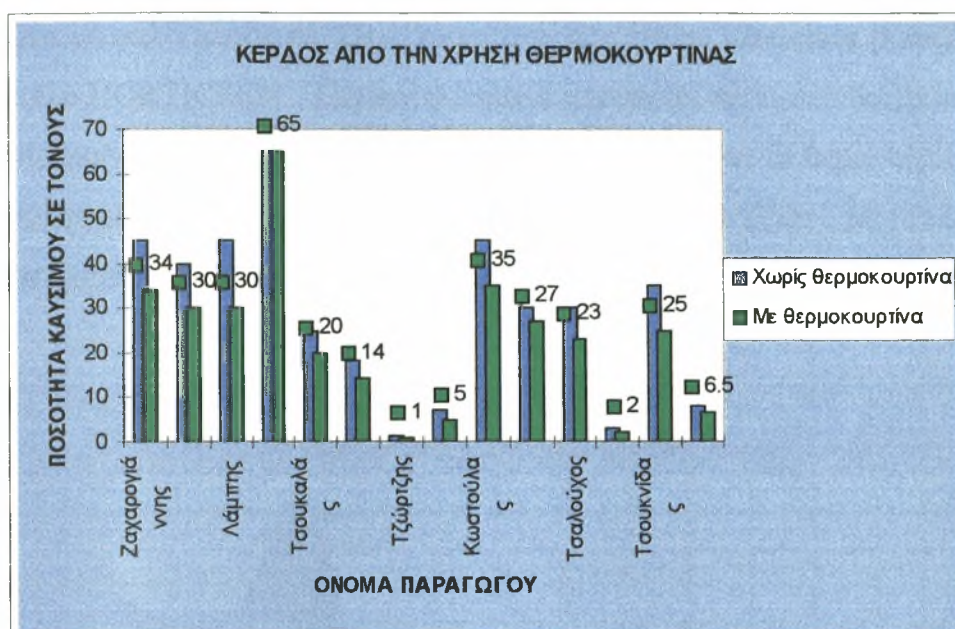
Το διάγραμμα που ακολουθεί μας δίνει την διαφορά στην απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου (ποσότητα καυσίμου που εκτιμούν οι παραγωγοί - ποσότητα που εκτιμά το μοντέλο). Σε όλες τις περιπτώσεις η ποσότητα που εκτιμά το μοντέλο είναι μικρότερη. Αυτό σημαίνει πως δεν γίνεται σωστή θέρμανση των μονάδων, δηλαδή οι παραγωγοί θερμαίνουν πολλές φορές χωρίς να υπάρχει ανάγκη. Βέβαια το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη την κακή κατασκευή (σπασμένα τζάμια, σκισμένα φύλλα πλαστικού, κακή λειτουργία του καυστήρα). Η διαφορά στην κατανάλωση που οφείλεται σ'αυτές τις περιπτώσεις είναι μικρή.



Διάγραμμα 16: Διαφορά στην καταναλώση (παραγωγός - Horticern)

Το κέρδος από την χρήση θερμοκουρτίνας είναι σημαντικό, σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνει το 40 - 50%. Οι θερμοκουρτίνες κυκλοφορούν σε μεγάλη

ποικιλία και κατασκευάζονται από PVC, μαύρο PE, είναι διπλής όψης ή έχουν επένδυση αλουμινίου για να ανακλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε κουρτίνα με επένδυση αλουμινίου για όλες τις περιπτώσεις. Το κόστος από την τοποθέτηση θερμοκουρτίνας είναι μικρό συγκρινόμενο με την μείωση του συνολικού κόστους παραγωγής αλλά και την βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας των παραγομένων προϊόντων. Το διάγραμμα 17 μας δίνει την διαφορά στην κατανάλωση με την χρήση θερμοκουρτίνας.

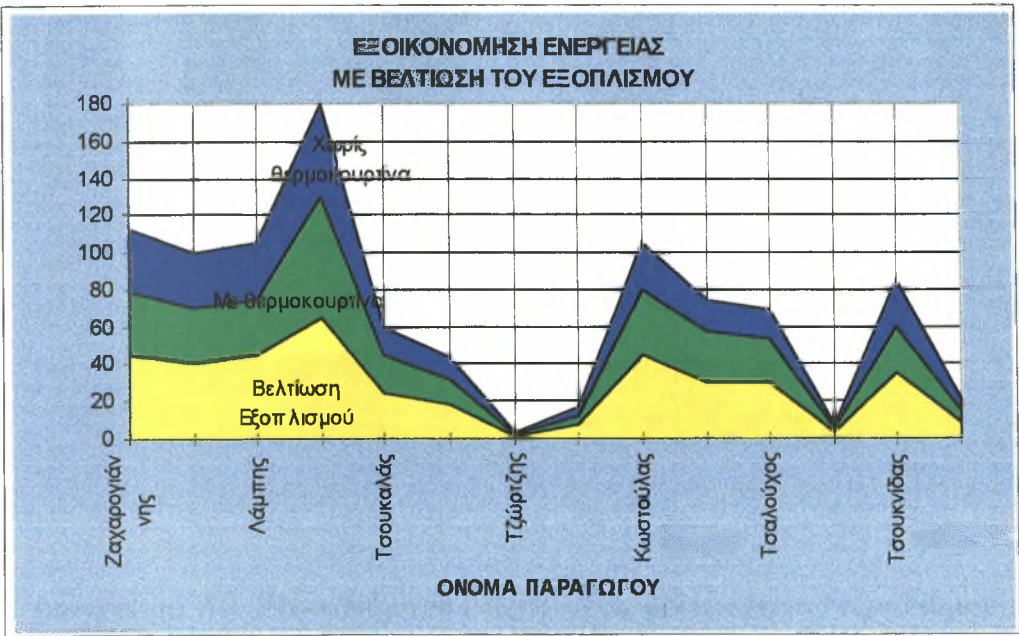


Διάγραμμα 17: Κέρδος από την χρήση θερμοκουρτίνας

Βελτιώνοντας τον εξοπλισμό της κάθε θερμοκηπιακής μονάδας μπορούμε να πετύχουμε σημαντική εξοικονομηση στην απαιτούμενη ενέργεια. Είναι γνωστό ότι οι μεγαλύτερες απώλειες του θερμοκηπίου σε ενέργεια προέρχονται από την επιφάνεια του καλύμματος του. Επομένως δύο θερμοκήπια που καλύπτουν ίσες επιφάνειες εδάφους, αλλά το ένα έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από το άλλο, έχουν διαφορετικές απώλειες θερμότητας. Εκτός από το μέγεθος της επιφάνειας

σημαντικό πόλο παίζει και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υλικού κάλυψης. Ένα θερμαινόμενο θερμοκήπιο με διπλό κάλυμμα πλαστικού έχει μειωμένη θερμοπερατότητα και εξοικονομεί θερμότητα περίπου 40% , συγκρινόμενο με ένα απλό θερμοκήπιο πλαστικού ή ακόμα και γυαλιού.

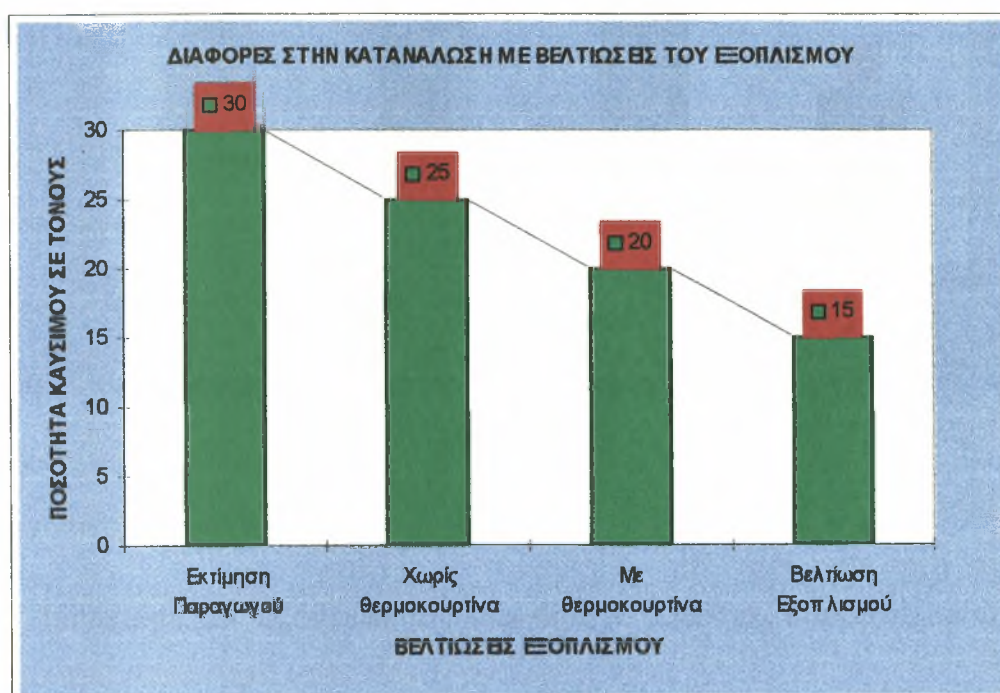
Με βάση τα παραπάνω έγινε προσπάθεια για βελτίωση του ήδη υπάρχοντος εξοπλισμού των μεγαλύτερων θερμοκηπιακών μονάδων που καταγράφηκαν. Σε θερμοκήπια στα οποία το υλικό κάλυψης ήταν το απλό πολυαιθυλένιο αντικαταστάθηκε με διπλό ή με διπλό πολυαιθυλένιο στις πλευρές και απλό γυαλί στην οροφή για θερμοκήπια τύπου τροποποιημένου τοξώτου τα οποία ήταν καλυμμένα με απλό πλαστικό. Όλες οι μετατροπές έγιναν υποθετικά βασισμένοι στο μοντέλο HORTICERN. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 18 στο οποίο φαίνεται η ποσότητα καυσίμου που απαιτείται για τα θερμοκήπια όταν αυτά είναι χωρίς θερμοκουρτίνα, με θερμοκουρτίνα και τέλος μετά τις βελτιώσεις στον εξοπλισμό, όπως αυτές αναφέρθηκαν παραπάνω.



Διάγραμμα 18: Αναμενόμενο κέρδος από την βελτίωση του εξοπλισμού

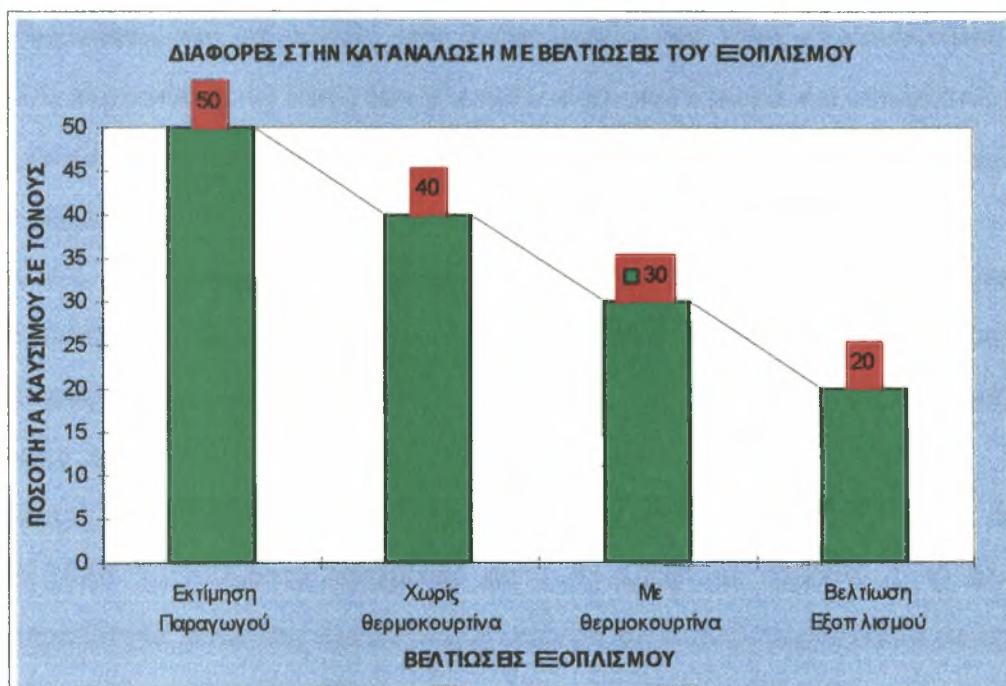
Τα διαγράμματα (19,20) που ακολουθούν μας δείχνουν σταδιακά την εξοικονόμηση στην ενέργεια που επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας θερμοκουρτίνα και βελτιώνοντας τον εξοπλισμό. Όπως φαίνεται και από τα διάγραμμα η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι σημαντική και αναλογιστούμε ότι το κόστος δεν είναι υπερβολικό και η βελτίωση της ποσότητα και της ποιότητας των προϊόντων είναι αποδεδειγμένα μεγάλη τότε οι προτάσεις αυτές μπορούν να βρουν εφαρμογή.

α) Θερμοκηπιακή μονάδα παραγωγής γλαστρικών φυτών με υλικό κάλυψης το απλό πολυαιθυλένιο, χωρίς θερμοκουρτίνα. Η βελτίωση εξοπλισμού συνίσταται στην αντικατάσταση του απλού με διπλό πολυαιθυλένιο.



Διάγραμμα 19: Εξοικονόμηση ενέργειας με βελτίωση του εξοπλισμού

β) Θερμοκήπια τύπου τροποποιημένο τοξωτό χωρίς θερμοκουρτίνα παραγωγής γλαστρικών φυτών όλο το χρόνο. Η βελτίωση του εξοπλισμού συνίσταται στην χρησιμοποίηση διπλού πολυαιθυλενίου στην οροφή και γυαλιού πλευρικά.



Διάγραμμα 20: Εξοικονόμηση ενέργειας με βελτίωση του εξοπλισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Τα κυριότερα προβλήματα τα οποία εντοπίστηκαν κατά την καταγραφή των θερμοκηπιακών μονάδων του νομού Μαγνησίας είναι:

- 1) Οι διαστάσεις και τα μεγέθη των θερμοκηπίων δεν είναι οι κατάλληλες. Σε πολλές περιπτώσεις το ύψος των πλευρών είναι πολύ μικρό και πολλά τμήματα της κατασκευής στο εσωτερικό των θερμοκηπίων δεν επιτρέπουν την κίνηση των μηχανημάτων.
- 2) Η κλίση της οροφής των θερμοκηπίων, η οποία επηρεάζει την απομάκρυνση των αποτιθέμενων σταγόνων νερού και την κίνηση του αέρα, είναι συνήθως πολύ μικρή. Κλίσεις 28° θεωρούνται ως ελάχιστες. Όσο αφορά το σχήμα της οροφής των πλαστικών θερμοκηπίων οι τοξωτές στέγες επιτρέπουν την διέλευση περισσότερης ηλιακής ακτινοβολίας από τις αμφίρρικτες. (FAO AGR,1988). Άλλωστε σύμφωνα με (C.Kittas et al,1998) η ηλιακή διαπερατότητα είναι έως και 20% μεγαλύτερη σε τούνελ θερμοκήπιο σε σχέση με ένα αμφίρρικτο για το ίδιο πλαστικό κάλυψης (πλαστικό).

Η ενεργός φωτοσυνθετική ακτινοβολία (PAR) είναι ένας από τους οριακούς κλιματικούς παράγοντες στις προστατευόμενες καλλιέργειες. Σημαντικές έρευνες έγιναν για την βελτίωση της μετάδοσης αυτής της ακτινοβολίας καθώς και για την σχέση της με την γεωμετρία του θερμοκηπίου. Έτσι για δύο διαφορετικές κλίσεις οροφής 20° και 30° υπάρχει μια διαφορά 6% (Jan G. Pieter, 1996). Εξάλλου, σύμφωνα με τον Stoffer, όσο αυξάνει η κλίση της οροφής του θερμοκηπίου το ποσοστό διέλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας αυξάνει σταθερά (Stoffer S.A, 1967 Wageningen).

- 3) Η πλειοψηφία των θερμοκηπίων υποφέρει από ανεπαρκή ανοίγματα αερισμού. Για τις ελληνικές συνθήκες, η αναλογία μεταξύ ανοιγμάτων αερισμού και έκτασης του θερμοκηπίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 22 -25 %, αλλά σε πολλούς τύπους πλαστικών θερμοκηπίων είναι πολύ λιγότερη.
- 4) Κατά τους χειμερινούς μήνες ο φωτισμός στα περισσότερα θερμοκήπια είναι γενικά μικρός. Αυτό οφείλεται κυρίως στην απόθεση υγρασίας, στην συσσώρευση σκόνης στα υλικά κάλυψης, στα πολλά κατασκευαστικά τμήματα και στις μικρές κλίσεις της οροφής.
- 5) Η ποιότητα των φύλλων πλαστικού που χρησιμοποιούνται και κυρίως ο τρόπος τοποθέτησης τους δεν είναι πάντα ικανοποιητικοί.. Τα πλαστικά φύλλα πρέπει να αντικαθίστανται κάθε 3 χρόνια δεν πρέπει να στερεώνονται με καρφιά, πρέπει να τεντώνονται καλά και πρέπει να έχουν καλές οπτικές και θερμικές ιδιότητες (Γραφιαδέλλης 1987).
- 6) Το κόστος παραγωγής των καλλιεργειών στα θερμοκήπια δεν έχει μελετηθεί καλά. Οι ακριβές κατασκευές, αν και έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα δεν αποδίδουν τα αναμενόμενα.

Εκτός όμως από τα προβλήματα τα οποία αφορούν την κατασκευαστική πλευρά του θερμοκηπίου τα σημαντικότερα εντοπίστηκαν στον έλεγχο των περιβαλλόντικών συνθηκών στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα στην διαχείριση της θερμοκρασίας της υγρασίας και του CO₂ .

Θερμοκρασία

Κατά την διάρκεια του χειμώνα στις περισσότερες περιοχές, οι ελάχιστες θερμοκρασίες στα μη θερμαινόμενα θερμοκήπια πέφτουν πολύ χαμηλά ακόμη και στους 0⁰ C. Με την εφαρμογή θέρμανσης οι καλλιέργειες δείχνουν θετική ανταπόκριση αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις η θέρμανση με κοινά καύσιμα αποδείχτηκε αντισυμβατική. Σε ορισμένες μονάδες έχουν καταφέρει με την υιοθέτηση απλών τεχνολογικών τεχνικών (ψεκασμός νερού στην οροφή του

θερμοκηπίου, μόνωση βορεινής πλευράς, χρήση θερμοκουρτίνας, χρήση παθητικού ηλιακού συστήματος) να αυξήσουν την ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Όλες αυτές οι παθητικές τεχνικές , αν και βελτιώνουν τις συνθήκες θερμοκρασίας στα θερμοκήπια και είναι το πρώτο βήμα στην βελτίωση και τον έλεγχο του κλίματος από μόνες τους δεν μπορούν να κρατήσουν την θερμοκρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης, τα οποία αναγκαστικά χρησιμοποιούνται για παραγωγή καθολή την διάρκεια του έτους έχουν υψηλό κόστος επένδυσης και αυξημένα λειτουργικά έξοδα. Οι προσπάθειες των ερευνητών στράφηκαν στην εφαρμογή απλών τεχνικών όπως διπλή κάλυψη, μόνωση βορεινού τοιχώματος, θερμοκουρτίνα, χρήση ειδικών υλικών κάλυψης, με σκοπό να αυξήσουν την ελάχιστη θερμοκρασία στα θερμοκήπια. Από τις τεχνικές αυτές μόνο η διπλή κάλυψη και η χρήση θερμικών φύλλων βρήκαν εφαρμογή γιατί και οι δύο είναι οικονομικές και προστατεύουν τα φυτά από την παγωνιά (Baille 1989).

Η χρησιμοποίηση κουρτίνας κατά την διάρκεια της νύχτας, που απομονώνει την οροφή από τις πλευρές του θερμοκηπίου, μειώνει σημαντικά τον συντελεστή θερμοπερατότητας του θερμοκηπίου και εξοικονομεί ενέργεια μέχρι και 35%.

Η θερμοκουρτίνα περιορίζει τις ενεργειακές απώλειες του θερμοκηπίου, τροποποιώντας τα ισοζύγια ακτινοβολίας αισθητής και λαμβάνουσας θερμότητας του θερμοκηπίου. Την ημέρα όμως η κουρτίνα πρέπει να μαζεύεται, για να μην μειώνεται σημαντικά ο φυσικός φωτισμός στο χώρο του θερμοκηπίου. Η αποτελεσματικότητα του κάθε τύπου θερμοκουρτίνας εξαρτάται από τον ειδικό θερμικό συντελεστή απωλειών (U_{value}). Σύμφωνα με τον M.G. Amsen το ενεργειακό κέρδος από την χρήση θερμοκουρτίνας την οποία απλώνουμε την νύχτα και την μαζεύουμε το πρωί είναι 17% την ημέρα και 44% κατά την διάρκεια της νύχτας. Οι θερμοκουρτίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για αντιπαγετική προστασία αφού περιορίζουν την θερμική ακτινοβολία από το έδαφος του θερμοκηπίου προς το εξωτερικό περιβάλλον (Teitel et al). Η χρήση

θερμοκουρτίνας μπορεί να περιορίσει τις απώλειες θερμότητας κατά την διάρκεια της νύχτας από 40 - 60% (Bailey, 1981).

Δροσισμός

Κατά τους θερινούς μήνες ο έλεγχος της υπερβολικής θερμότητας είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα θερμοκήπια. Ακόμη και τις ηλιολουστές χειμωνιατικές ημέρες οι θερμοκρασίες του αέρα στα θερμοκήπια ανεβαίνουν πολύ πιο πάνω από τα αποδεκτά επίπεδα. Η υψηλή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, ο ανεπαρκής αερισμός των θερμοκηπίων είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες. Η πλειοψηφία των θερμοκηπιακών μονάδων της Μαγνησίας δεν χρησιμοποιεί συστήματα δροσισμού παρά μόνο φυσικό αερισμό. Αυτός ο τύπος αερισμού όμως είναι αποτελεσματικός μόνο κατά τις ημέρες που υπάρχει έστω και ασθενής άνεμος με την προϋπόθεση ότι τα ανοίγματα (πλευρικά και οροφής) είναι αρκετά σε αριθμό και εμβαδόν. Άλλωστε σύμφωνα με τον (Κ.Κίττα, 1993) την καλοκαιρινή περίοδο ο δροσισμός είναι απαραίτητος σε όλα τα ελληνικά θερμοκήπια εκτός από την περιοχή της Κρήτης.

Υγρασία

Ενας από τους παράγοντες του περιβάλλοντος που πρέπει να είναι σε κατάλληλη ισορροποία στα θερμοκήπια, με στόχο την απόκτηση ικανοποιητικής παραγωγής είναι η υγρασία του αέρα. Κατά την διάρκεια των ψυχρών ημερών στα μη θερμαινόμενα και κακώς αεριζόμενα θερμοκήπια που καλλύπτονται από φύλλα πλαστικού η σχετική υγρασία του αέρα φθάνει σε επίπεδο κορεσμού και δημιουργεί αρκετά προβλήματα φυτοϋγείας, γονιμοποίησης των ανθέων, σχίσσιμο των καρπών κ.λ.π. Τα προβλήματα οξύνονται ακόμη περισσότερο με την υιοθέτηση από τους κατασκευαστές και τους παραγωγούς, τεχνικών για εξοικονόμηση ενέργειας (διπλά τοιχώματα, θερμοκουρτίνα κ.α.) που αυξάνουν

την στεγανότητα του θερμοκηπίου και μειώνουν τις εναλλαγές αέρα με το εξωτερικό περιβάλλον προκαλώντας έτσι αύξηση της εσωτερικής υγρασίας.

Ο έλεγχος της υγρασίας ακόμη και σε θερμοκήπια προηγμένης τεχνολογίας στα οποία το εσωτερικό μικροκλίμα ρυθμίζεται μέσω Η/Υ, γίνεται με πολυδάπανα συστήματα χωρίς πάντα ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι παραγωγοί προσπαθούν να περιορίσουν την υγρασία εμπειρικά με την χρήση του συστήματος θέρμανσης και με αερισμό. Γι'αυτό σε πολλά θερμοκήπια παρατηρείται το παράδοξο φαινόμενο, κατά την διάρκεια του χειμώνα, που ενώ λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης ανοίγουμε τα παράθυρα αερισμού για να περιορίσουμε την υγρασία.

Έλεγχος της υγρασίας σε θερμοκήπια μπορεί κυρίως να επιτευχθεί με κατάλληλο αερισμό, με τη χρήση εδαφοκάλυψης, χρήση αφυγραντήρων και υγρασκοπικών υλικών, χρήση συστήματος εξάτμισης νερού (όταν η υγρασία πέφτει κάτω από τα επιθυμητά επίπεδα)

Έλεγχος ασθενειών.

Η αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων, χωρίς κανένα προγραμματισμό και έλεγχο, για την καταπολέμηση εχθρών και ασθενειών του θερμοκηπίου είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανθεκτικών στελεχών από τα παθογόνα με συνέπεια την μειωμένη αποτελεσματικότητα τους η οποία συνδιαζόμενη και με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον έδωσε την ώθηση για την εύρεση εναλλακτικών μεθόδων για την καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών του θερμοκηπίου. Ο μόνος τρόπος για την μείωση των χημικών εισροών είναι η μείωση της εμφάνισης των παθογόνων (μείωση του πληθυσμού) ή η βιολογική τους καταπολέμηση.

Μέχρι τώρα η βιολογική καταπολέμηση χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα στην καταπολέμηση των ασθενειών του εδάφους, αλλά η εφαρμογή της στην καταπολέμηση των ασθενειών του φυλλώματος είναι ακόμη στην αρχή. Πρόσφατα βρέθηκαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα από αρκετούς ερευνητές όσο

αφορά την καταπολέμηση του ωϊδίου των κολοκυνθοειδών, της τεφράς σήψης της σκωρίασης και της κλοδοσπορίασης στην τομάτα κ.α. Έρευνα που έγινε στο Τ.Ε.Ι Ηρακλείου έδειξε ότι η τεφρά σήψη της τομάτας και το ωϊδίο των κολοκυνθοειδών μπορούν να καταπολεμηθούν αποτελεσματικά με εκχυλίσματα κομπόστας που παρασκευάζεατι απο φυτικά υλικά (Μαλαθράκης, 1991). Όμως ανεξάρτητα από τα ενδιαφέροντα αποτελέσματα που έχουν βρεθεί μαζική χρησιμοποίηση βιολογικών παραγόντων ενάντια των ασθενειών του φυλλώματος φυτών θερμοκηπίου δεν αναμένεται στο κοντινό μέλλον.

Οι σύγχρονες βιομηχανίες παραγωγής πλαστικών φύλλων για την κάλυψη θερμοκηπίων προχώρησαν στην παραγωγή φιλμ τα οποία περιορίζουν την είσοδο εχθρών και ασθενειών στο εσωτερικό των θερμοκηπίων. Τα αποτελέσματα πειραμάτων που έγιναν στο Ισραήλ χρησιμοποιώντας σαν υλικά κάλυψης τέτοια πλαστικά φύλλα ήταν εντυπωσιακά. Συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας φιλμ τύπου IR sun - selector antivirus, IR 504 Polyon, IR 604 Polyon, σε τούνελ θερμοκήπιο με καλλιέργεια τομάτας παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού του υιού της τομάτας TYLCV έως και 50% σε σχέση με ένα κοινό πλαστικό φύλλο κάλυψης (Υ. Antignus et all, 1996). Από τους ίδιους ερευνητές έγιναν ανάλογα πειράματα και σε καλλιέργεια αγγουριάς, για την προσβολή από τον θρίπα, με τα ίδια εντυπωσιακά αποτελέσματα.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται διχτυα εντομοστεγανότητας στα ανοίγματα φυσικού αερισμού των θερμοκηπίων. Η τοποθέτηση των διχτύων γίνεται με σκοπό την αποφυγή εισόδου στο εσωτερικό του θερμοκηπίου επιβλαβών εντόμων, χωρίς όμως να λαμβάνεται μέριμνα για τις επιπτώσεις στον αερισμό του θερμοκηπίου.



Εικόνα 8. Διχτυα εντομοστεγανότητας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό την καταγραφή των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων του νομού Μαγνησίας και προτάσεις για την βελτίωση τους με σκοπό να γίνουν αποδοτικότερες με το μικρότερο κόστος.

Στην περιοχή συναντώνται όλοι οι γνωστοί τύποι θερμοκηπίων (τοξωτό, αμφίρρικτο, τροποποιημένο τοξωτό κ.λ.π.), με το πολλαπλό αμφίρρικτο να κατέχει το 45% του συνόλου. Σαν υλικό κάλυψης προτιμούνται τα πλαστικά φύλλα (63%) έναντι του γυαλιού (33%). Τα μισά περίπου θερμοκήπια της περιοχής κατασκευάστηκαν την τελευταία δεκαετία απόρροια των αναπτυξιακών προγραμμάτων και των επιδοτήσεων που δινόταν την εποχή εκείνη. Η χρήση υαλόφρακτων θερμοκηπίων ή άλλων πολυτελών κατασκευών δεν καθορίζει πάντα το οικονομικό αποτέλεσμα. Εξίσου αποτελεσματικές αποδείχτηκαν μονάδες χαμηλότερου κόστους όταν ήταν σωστά σχεδιασμένες ώστε να παρουσιάζουν λειτουργικότητα και να δίνουν την δυνατότητα δημιουργίας του κατάλληλου περιβάλλοντος για την ανάπτυξη των φυτών με την μικρότερη δυνατή λειτουργική δαπάνη.

Το 75% των μονάδων θερμαίνεται με επιδαπέδιες σωληνώσεις ενώ κατά βάση ως καύσιμο υλικό χρησιμοποιείται το πετρέλαιο. Ο κρίσιμος μήνας για την θέρμανση είναι ο Ιανουάριος. Η πλειοψηφία των θερμοκηπίων χρησιμοποιεί μόνο ανοίγματα φυσικού αερισμού (πλαινά και οροφής) για τον εξαερισμό των θερμοκηπίων. Ο τρόπος αυτός όμως αερισμού είναι επαρκής μέχρι και τον Μάιο ενώ για τους καλοκαιρινούς μήνες απαιτείται σύστημα δυναμικού αερισμού το οποίο διαθέτουν ελάχιστες μονάδες, με αποτέλεσμα, στις υπόλοιπες μονάδες, η παραγωγή να περιορίζεται και η ποιότητα των παραγομένων προϊόντων να είναι υποβαθμισμένη.

Οι ανθοκομικές καλλιέργειες (γλαστρικά φυτά 65% και γαρδένια 25%) κυριαρχούν στις θερμοκήπια της περιοχής. Τα προϊόντα διατίθενται κύριως στο εσωτερικό ενώ μόνο το 20% εξάγεται στο εξωτερικό.

Το κόστος θέρμανσης είναι το σημαντικότερο, σε σχέση με το συνολικό κόστος παραγωγής, και μερικές φορές γίνεται ανασταλτικός παράγοντας για την ίδια την καλλιέργεια. Οι επιχειρήσεις είναι κυρίως οικογενειακές και απασχολούν προσωπικό μόνο σε έκτακτες περιόδους.

Η αύξηση του κόστους παραγωγής, το υψηλό κόστος δανειοδότησης, το μικρό μέγεθος των μονάδων, η ελλιπής τεχνική υποστήριξη σε συνδιασμό με την περιορισμένη έρευνα στον τομέα και την έλλειψη εργαστηρίων εφαρμοσμένης έρευνας, τα προβλήματα στην εμπορία των προϊόντων είναι μερικές από τις αιτίες που έχουν φέρει σε οικονομικό αδιέξοδο πολλές μονάδες. Η συσσώρευση αυτών των προβλημάτων δυσχαιρένει κάθε κάθε προσπάθεια εκσυγχρονισμού και βελτίωση των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων. Έτσι σε μια περιοχή όπως η Μαγνησία με καλές κλιματολογικές συνθήκες η παραγωγή διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα, οι εξαγωγές είναι ουσιαστικά ανύπαρκτες και η ποιότητα των παραγομένων προϊόντων σπάνια ανταποκρίνεται στις αυξημένες απαιτήσεις των σημερινών καταναλωτών με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος επιβίωσης για πολλές μονάδες.

Η παραδοσιακή προσέγγιση των θερμοκηπιακών καλλιεργειών πρέπει να σταματήσει. Το θερμοκήπιο είναι μια επιχείρηση που απαιτεί σωστή διαχείριση με την έννοια του προγραμματισμένου συνδιασμού ανθρώπινου δυναμικού, χρημάτων και υλικών με στόχο το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα. Για τον σκοπό αυτό προτείνονται:

- Καλύτερη ποιότητα κατασκευής η οποία θα προσφέρεται για εφαρμογή συγχρόνων καλλιεργητικών τεχνικών.
- Ορθολογική διαχείριση του εσωτερικού μικροκλίματος έτσι ώστε να μην περιορίζεται η χρονική διάρκεια αξιοποίησης του θερμοκηπίου.
- Συνεχής ενημέρωση των παραγωγών για την εσωτερική και εξωτερική αγορά και τον ανταγωνισμό με άλλες χώρες.

- Οργάνωση στην διακίνηση και διάθεση των προϊόντων (μονάδες συσκευασίας και τυποποίησης) έτσι ώστε οι τελικές τιμές να διαμορφώνονται από τους παραγωγούς και να υπάρχει διαφάνεια στις εμπορικές δραστηριότητες.

- Ορθολογική βελτίωση του εξοπλισμού των θερμοκηπίων με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, εργασίας και μείωση των χρησιμοποιούμενων συντελεστών παραγωγής (φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων κ.λ.π).

- Χρησιμοποίηση οικονομικότερων πρώτων υλών, φιλικών προς το περιβάλλον (βιομάζα αντί πετρελαίου ή χρήση ήπιων μορφών ενέργειας).

Άλλωστε τα τεχνικά στοιχεία τα οποία συναντήθηκαν συχνότερα σε μονάδες οι οποίες παρουσίαζαν θετικό οικονομικό αποτέλεσμα ήταν:

1. Η ύπαρξη κεντρικού συστήματος αυτοματισμού.
2. Η ύπαρξη βοηθητικών χώρων (αποθήκες, συσκευαστήρια).
3. Η χρήση προηγμένων μεθόδων παραγωγής.
4. Η χρήση ήπιων μορφών ενέργειας.

Συμπερασματικά τονίζεται ότι ο κλάδος των θερμοκηπίων στην Μαγνησία και στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας αποτελεί τον δυναμικότερο ίσως κλάδο ελληνικής γεωργίας και την καταλληλότερη μορφή για αντικατάσταση των μη προσοδοφόρων πλέον παραδοσιακών καλλιεργειών (βαμβάκι), παρόλο που ο μεγαλύτερος όγκος των μονάδων τεχνολογικά και οργανωτικά δεν βρίσκεται ακόμη σε υψηλό επίπεδο. Ο εκσυγχρονισμός και η περαιτέρω ανάπτυξη των θερμοκηπιακών επιχειρήσεων στις οποίες ο ρυθμός καλλιέργειας είναι πολύ εντατικός και η παραγωγή τους βασίζεται σε αναπτυγμένες τεχνολογικά μεθόδους, θα βοηθήσει όχι μόνο τον κλάδο των θερμοκηπίων αλλά και την μεταφορά τεχνολογίας στην ανοιχτή γεωργία. Απαιτείται όμως η ύπαρξη μιας γενικότερης υποδομής και οργάνωσης που θα αναλάβει το έργο του εκσυγχρονισμού και μετά της κατάλληλης και αποτελεσματικής τεχνικής υποστήριξης τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Amsen M.G, 1986.** Thermal screens in Greenhouses. Diurnal Variations in Heat Consumption. J.agric. Engng. Res. 33: 79-82.
2. **Antignus Y., Cohen S., Mor N., Musika Y., Lapidot M., 1986.** The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect - borne virus diseases. Plasticulture 112: 15-20.
3. **Baille A., 1989.** Greenhouse microclimate and its management in mild winter climate. Acta Hortic. 246:23-36.
4. **Bailey B.J., 1981.** The Reduction of thermal Radiation in Glasshouse by Thermal Screens. J.Agric. Engng. Res. 26:215-226.
5. **Businger J.A., 1963.** The greenhouse climate. In W.P.van Wisk (Editor) Physics of Plant Environment. North Holland, Amsterdam pp. 277-318.
6. **Chiapale J.P., Kittas C. and de Villele O., 1981.** Estimation regionale des besoins de chauffage des serres. Acta Hortic. 115:493-502.
7. **Γραφιαδέλλης M., 1980.** Σύγχρονα Θερμοκήπια.
8. **Grafiadellis M. 1996.** Θέρμανση θερμοκηπίων με ηλιακή ενέργεια. Πρακτικά διημερίδας : Δυνατότητες συμβολής της βιομάζας στη γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη. ΕΘΙΑΓΕ, Θεσσαλονίκη Ιούνιος 1996, σελ. 45-56.
9. **Critten D.L., 1984.** The effect of geometric configuration on the light Transmission of Greenhouses. J. Agric. Engng. Res. 42:301-311.
10. **FAO AGR. 1998.** Protected cultivation in the Mediterranean climate.
11. **Jolliet O., 1989a.** A 2nd generation static model of greenhouse energy requirements (HORTICERN): a comparison with dynamic models. Acta Hortic. 245:346-355.

12. **Jolliet O., Lereshe F., 1989.** HORTICERN user guide. A programm for calculating greenhouse energy consumption EPFL, Laboratory de Energie Solaire et de Physique du Batiment Lausanne.
13. **Kittas C., Baille A., Giaglaras P., 1998.** In situ Measurements of solar Radiation in Greenhouses: Influence of cover material and shading Techiques 13th Int. Congress of Agric. Engineering.
14. **Kittas C., 1985.** A simple climagraph for characterizing regional suitability for greenhouses cropping in Greece. Agric. & Forest Meteor. 78:133-141.
15. **Kittas C., 1986.** The response of a greenhouse to climate features as a tool to its equipment design. Int. J. of Energy Research 11:531-540.
16. **Κίττας Κ., 1993.** Κλιματική καταλληλότητα μιας περιοχής για καλλιέργειες υπό κάλυψη. Τεχν. Χρον. Β Τομ. 13,3.
17. **Κίττας Κ., 1986.** Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση θερμοκηπίων. Μια απλοποιημένη μέθοδος εκτίμησης. Τεχν. Χρον. 1.
18. **Κίττας Κ., 1984.** Ενεργειακές απώλειες θερμοκηπίου. Διατριβή για υφηγεσία στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Πάτρας (Πάτρα 1984).
19. **Κίττας Κ., 1997.** Γεωργικές κατασκευές και έλεγχος περιβάλλοντος μονάδων Φυτικής Παραγωγής.
20. **Kittas C., Bullard T., Papadakis G., 1997.** Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side oppenings; sensitivity to temperature and wind effects. Transactions of the ASAE 40 (2) 415-425.
21. **Kittas C., Baille A., 1998.** Determination of spectral properties of several greenhouse cover materials. Evaluation of spefic parameters related to plant response. In press in J. Agric. Engng. Res.
22. **Μαλαθράκης Ν.Ε.** ΤΕΙ Ηρακλείου Κρήτης.
23. **Mavrogianopoulos G.N.** The necessity of using heating system: The present situation in Greece. Eur. Seminar.
24. **Μαυρογιανόπουλος Γ.Ν., 1994.** Θερμοκήπια.

- 25. Pieters J., 1996.** Condensation and PAR transmittance of greenhouse. Plasticulture 112.
- 26. Teitel M., Peiper U.M., Zvieli Y., 1996.** Shading Screens for frost protection. Agric. & Forest Meteor. 81:273-286.